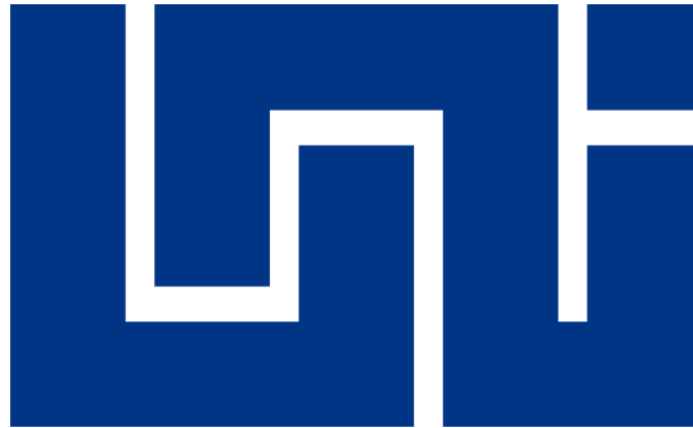


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACION



“ESTUDIO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL  
DEL EDIFICIO RIGOBERTO LOPEZ PEREZ Y PROPUESTA  
DE MEJORA”

TESIS MONOGRÁFICA

PARA OPTAR EL TITULO DE:  
INGENIERO ELÉCTRICO.

PRESENTADO POR:

- Br. HELLEN PATRICIA ARANA SELVA
- Br. JOSÉ VÍCTOR TORRES RÍOS

Tutor

- Ing. William Alberto Mejía Norori

MANAGUA- NICARAGUA

2019



## **Dedicatoria**

### **“DIOS”**

Primeramente, a Dios por permitirnos cumplir con esta meta y culminar con nuestros estudios por brindarnos la fuerza, la paciencia, la sabiduría, la inteligencia, el entendimiento, el amor a nuestra vocación, etc.

### **“A MIS PADRES”**

Por el esfuerzo y la disposición que realizaron durante nuestros estudios, determinaron que mis objetivos se cumplieran en culminar la carrera de Ingeniería Eléctrica.

A nuestro tutor Ing. William Mejía por su esfuerzo, tiempo y dedicación con nosotros para lograr culminar con nuestro proyecto de culminación de la carrera.

## **Resumen del Tema**

Mediante el presente trabajo se da a conocer de manera completa un estudio que permite mostrar el estado actual del sistema de iluminación de todos los ambientes del Edificio Rigoberto López Pérez (R.L.P) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), y presentar mejoras que puedan hacer más eficiente el sistema de iluminación del sótano del edificio. En primer lugar, se realizó un censo de carga de todos los equipos lumínicos existente y posteriormente se realizó la medición de los niveles de iluminancia de todos los ambientes de este edificio.

Dado que en Nicaragua no existe una normativa que defina los niveles de iluminación en los diferentes ambientes, se ha tomado para este estudio la Norma Oficial Mexicana (NOM-025-STPS-1994) como norma de referencia, se analizaron la norma estadounidense (IESNA) y la norma española (UNE) y ambas coinciden con los valores lumínicos elevados, en el libro Manual de Alumbrado de la Westinghouse se explica que los niveles de iluminación definido en el IESNA tienen un alto contenido mercantilista, debido a que los fabricantes de luminarias son los que definen los niveles de iluminación.

La presente NOM-STPS establece los niveles y requerimientos de iluminación para los centros de trabajo de tal forma que ésta no sea un factor de riesgo y provoque daños a la salud de los trabajadores al realizar sus actividades

Como parte de las herramientas utilizadas está el programa RELUX, el cual permite calcular la cantidad de luminarias necesarias para obtener el nivel de iluminación en un ambiente determinado, además se realizó una inspección de los diferentes elementos que componen el sistema de iluminación de todos los ambientes.

Una vez recolectados los datos estos fueron tabulados y evaluados de acuerdo a la metodología que se plantea en este estudio, para determinar los valores reales de iluminancia y compararlos con los valores de iluminancia del diseño.

Los resultados muestran en los niveles de iluminancia medido están por debajo de la norma tomada como referencia NOM, así mismo, se identificaron casos donde el nivel de iluminación de algunos ambientes superaba el límite inferior establecido por la norma de referencia NOM. Entre otros aspectos, es relevante mencionar el mal estado de algunas luminarias y el bajo aprovechamiento de la luz natural.

## Índice de Capítulos, Títulos y Subtítulos

### Contenido

Introducción .....	8
Objetivos .....	9
Justificación .....	10
Capítulo I: Marco Teórico .....	11
1.1 Conceptos Generales .....	11
1.1.1 Fatiga visual .....	16
1.1.1.2 Naturaleza de la fatiga visual .....	16
Capítulo II: Luminotecnia .....	16
2.1 Magnitudes Fundamentales de la Luminotecnia .....	16
2.2 Fuentes luminosas .....	17
2.2.1 Características generales de una fuente luminosa .....	17
2.3 Clasificación de una fuente luminosa según su naturaleza. ....	19
2.3.1 Fuente luminosa artificial .....	19
2.4 Iluminación .....	25
2.4.1 Las principales evidencias que denotan un mal sistema de iluminación son: .....	25
2.4.2 Iluminación interior .....	27
2.4.2.1 Iluminación General Uniforme .....	28
2.4.2.2 Iluminación General Localizada .....	28
2.5 Lámparas .....	29
2.5.1 Tipos de lámparas .....	29
2.5.2 Medición del deslumbramiento .....	31
2.5.3 Iluminación con lámparas Incandescentes .....	32
2.5.4 Iluminación con lámparas fluorescentes .....	32
2.5.4.1 Composición física química .....	32
2.5.4.2 Ventajas de lámparas en fluorescente relación con las incandescentes .....	33
2.5.4.3 Desventajas de estas lámparas Fluorescentes con respecto a las incandescentes .....	33
2.5.5 Iluminación con lámparas Led .....	34

2.5.5.1 Composición Físico química.....	34
2.5.5.2 Ventajas y desventajas de las lámparas led.....	35
2.5.6 Temperatura de color.....	37
Capítulo III: ¿Qué es un sistema solar Fotovoltaico? .....	39
3.1 Celdas fotovoltaicas .....	40
3.2 Tipos de módulos fotovoltaicos .....	40
3.3 Funcionamiento de un panel Fotovoltaico .....	41
3.4 Clasificación de los sistemas solares Fotovoltaico.....	43
3.4.1 Sistemas Aislados.....	43
3.4.2 Sistema de Conexión a Red.....	44
3.4.2.1 Los principales componentes de un sistema conectado a la red son: .....	45
3.4.2.2 Ventajas de un sistema de paneles solares en interconectados a la red .....	46
3.4.3 Sistema Híbrido .....	46
3.5 Tipos de celdas fotovoltaicas.....	47
3.6 La radiación solar que incide sobre la tierra se puede separar en tres tipos.....	48
3.7 Factores de eficiencia de un panel fotovoltaico .....	50
3.8 Factores que afectan el rendimiento de un Panel Fotovoltaico.....	51
3.8.1 Evaluación de la inversión .....	52
3.9 Recurso Solar Disponible.....	53
3.10 Descripción General del Sistema fotovoltaico .....	54
3.10.1 Conexión con la Red de Distribución.....	56
3.11 Diseño Metodológico del Estudio .....	57
3.11.1 Obstáculos en la generación fotovoltaicas .....	59
3.11.2 Mantenimiento de paneles Fotovoltaico.....	59
3.12 La instalación eléctrica de baja tensión estará compuesta por .....	59
Capítulo IV: Estudio Técnico.....	61
4.1 Etapas del Estudio Técnico .....	62
4.2 Comparación con tablas normalizadas.....	66
4.3 Determinación del consumo de Energía Eléctrica: .....	70
4.4 Propuestas de Mejoras .....	72

4.4. Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red.....	74
4.5 Cálculo del Sistema Fotovoltaicos (FV) .....	78
4.7 Evaluación económica .....	85
4.6 Inversión total para la adquisición de lámparas LED e instalación del Sistema Fotovoltaico. ....	87
6.7 Valor Actual Neto (VAN).....	88
6.8 Calculo de Tasa Interna de Retorno (TIR) .....	89
Conclusiones:.....	91
Recomendaciones:.....	92
Bibliografías .....	93
Anexos.....	94

## Introducción

Como trabajo de culminación de estudio de la carrera de ingeniería eléctrica se ha realizado el estudio del sistema iluminación artificial del edificio Rigoberto López Pérez (R.L.P) y propuestas de mejoras. En el desarrollo de este estudio se realizaron una serie de investigaciones relacionadas con las normas existentes en el campo de la iluminación con respecto a nuestra región, habiendo seleccionado para el análisis del estudio la Norma Oficial Mexicana (N.O.M).

La Edificación posee cinco plantas con capacidad para albergar a más de siete mil personas, a través de 60 aulas interactivas digitales, aulas virtuales, modernos laboratorios, oficinas administrativas y salas de reuniones de acuerdo a información recabada el sistema lumínico del edificio se diseñó con la norma IESNA.

Habiendo definido y/o determinado las áreas y/o ambientes del estudio en referencia, se efectuó un levantamiento en campo con el objetivo de determinar los puntos de iluminación, las potencias, tipos de luminarias, las características de iluminación en diferentes aplicaciones, tales como: alumbrado general, áreas cubiertas, áreas descubiertas.

En este estudio se presentan las condiciones en las que se encuentran los distintos puestos laborales y ambientes con respecto al nivel de iluminación requerido tomando como referencia la N.O.M.

Para la elaboración del presente estudio monográfico y determinar los niveles de iluminación se utilizó el programa denominado "RELUX", mediante este programa se obtuvieron los niveles de iluminación de diseño y se compararon con los niveles medidos con el luxómetro con el objetivo de constatar si dichos niveles cumplen con las normas de referencia. RELUX es un programa de simulación creado por la empresa Relux Informatik AG, Suiza, es una empresa con presencia global dedicada al desarrollo, producción y marketing de programas de cálculo y simulación de productos.



## **Objetivos**

### **Objetivo General**

“Realizar un “Estudio del sistema de iluminación artificial del edificio Rigoberto López Pérez y presentación de propuestas de mejoras”.

### **Objetivos específicos**

- ✓ Constatar que los niveles de iluminación del edificio están de acuerdo con las normativas de Instituto Mexicano de Iluminación.
- ✓ Presentar propuesta de mejora del sistema de iluminación del edificio Rigoberto López Pérez.
- ✓ Realizar estudio del costo y beneficio de la inversión.
- ✓ Diseñar un sistema de alimentación para los paneles de iluminación del sótano a través de un sistema fotovoltaico.

## **Justificación**

Este proyecto es de mucha importancia para el país y para la Universidad Nacional de Ingeniería, el motivo por el cual se realiza este estudio es para presentar mejoras del sistema de iluminación actual del edificio R.L.P. las cuales se adapten a la realidad de la universidad y del edificio en particular, y ayuden en las estrategias de ahorro y eficiencia energética del sistema de iluminación de este edificio.

Los cálculos de iluminación de un edificio o vivienda son tan importantes como los cálculos estructurales o el diseño arquitectónico de la edificación. Por ejemplo, el bienestar y rendimiento de los empleados de un ambiente en específico dependerá en buena medida de la calidad de la iluminación artificial.

El sistema de iluminación que posee actualmente el edificio en estudio es del tipo convencional, en la iluminación interna poseen luminarias tipo led, fluorescentes y bombillos compactos.

Dado que Nicaragua por su posición geográfica es un país que recibe una buena radiación solar, la cual se puede aprovechar para generar energía eléctrica y el propósito de este estudio es presentar mejoras, se propone diseñar un sistema fotovoltaico de conexión a red, el que permitirá reducir un porcentaje de la energía comercial consumida.

Las aplicaciones de tecnologías fotovoltaicas son ampliamente usadas en algunos departamentos del país incluyendo la Isla de Ometepe y muchas zonas donde no hay acceso al Sistema Interconectado Nacional (SIN) y generalmente no solo se alimentan sistemas de iluminación, sino que incluyen una amplia gama de aplicaciones como: bombeo de agua, sistemas de riego, calentamiento de agua, recarga de baterías, refrigeración de insumos médico, Etc.

## **Capítulo I: Marco Teórico**

El presente proyecto de investigación está orientado al desarrollo de un diagnóstico del sistema de iluminación de los ambientes del edificio R.L.P de la Universidad Nacional de Ingeniería, en el cual se pondrán en práctica los conocimientos adquiridos en asignaturas tales como Diseño de Sistemas Eléctricos por ejemplo, que nos permite crear, conocer y diseñar en el ramo de las instalaciones eléctricas; a su vez hacer uso racional de la Energía para poder cumplir con las diferentes normas aplicables.

La finalidad de los sistemas de iluminación es básicamente proveer luz a un espacio determinado de acuerdo a unas demandas establecidas, pero su diseño e implementación no son producto del azar, existe todo un proceso previo al diseño de un sistema de iluminación y su punto de partida está enmarcado por las necesidades que motivan el desarrollo del mismo. El diseñador debe interactuar con el ambiente o los ambientes a iluminar, no solo desde el punto de vista físico y arquitectónico, sino además desde la utilidad del mismo. Se requiere definir las condiciones de uso del espacio, el tipo de usuario y las tareas a desarrollar en él.

### **Mecanismo de La Visión**

El ojo es el órgano mediante el cual se experimentan las sensaciones de luz y color. El ojo recibe la energía luminosa y la transforma en energía eléctrica que es conducida a través del nervio óptico hasta el cerebro, donde tiene lugar la interpretación de la imagen visualizada.

Antes de la invención de la luz eléctrica, las lámparas eran recipientes que contenían un líquido oleoso, que se hacía arder por medio de una mecha. El descubrimiento de la mecha (fibra de material combustible sumergida en grasa) se pierde en la oscuridad de los tiempos (se usaba ya en el neolítico superior). Con este descubrimiento nace la lámpara primitiva, que se reducía a una escudilla de piedra con una ranura para la mecha, hecha de musgo y una empuñadura para la mano lejos de la llama.

Una buena iluminación es importante para facilitar el rendimiento en las distintas tareas visuales que realizamos y crear un entorno visual adecuado, garantizando la seguridad de los individuos y sus bienes materiales.

### **1.1 Conceptos Generales**

Se definen algunos conceptos fundamentales y magnitudes necesarias para la comprensión del tema, a través de conceptos generales:

**La luz:** Puede ser definida como “toda radiación electromagnética, que puede propagarse a través del vacío, susceptible de ser percibida por el sentido de la

vista". El intervalo de frecuencias de las radiaciones que componen la luz solamente está delimitado por la capacidad del órgano de la visión.

La velocidad de la luz visible se ha calculado como exacta y finita al vacío a 299,792.458Km/s. Según la teoría de la relatividad de Einstein ninguna materia puede viajar a mayor velocidad y es imposible transportar información a más velocidad que esta.

**Luxómetro (también llamado light meter):** Es un instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminancia real y no subjetiva de un ambiente. Contiene una célula fotoeléctrica que capta la luz y la convierte en impulsos eléctricos, los cuales son interpretados y representada en un display o aguja con la correspondiente escala de lux.

#### Pasos a seguir para utilizar de manera correcta un luxómetro.

- ❖ Como primer paso, se debe colocar el fotorreceptor, quien es el que recibe la luz, en frente de la fuente de luz que se quiera medir.
- ❖ Como segundo paso, debemos colocar en el lector del luxómetro la escala adecuada en función de cuan fuerte o débil es la luz. Por ejemplo, si se quiere medir la luz de la luna, deberá ser una escala cerca de 1 lux. En cambio, si se quiere medir la luz solar, necesitamos una escala cercana a los 100000 lux.
- ❖ Una vez que está todo listo, se debe presionar el botón de encendido del lector, esperar unos segundos hasta que la lectura aparezca.
- ❖ Una vez que aparece la lectura, se multiplica el número por la escala escogida. Ejemplo si elegimos una escala de 100 lux, y la medida fue de 30 el valor es de  $30 \times 100 = 3000$  lux

#### El luxómetro consta de dos partes:

- ❖ Un fotorreceptor Es el encargado de percibir la intensidad lumínica que se quiere medir, y transformarla en energía eléctrica, la cual luego es transportada hacia el lector. Parte de una fotorresistencia.
- ❖ Un lector Es el encargado de recibir la señal eléctrica enviada por el fotorreceptor y transformarla en una medida de luminosidad. Luego esta medida es indicada en pantalla.



**Figura 1: Luxómetro**

**Bombillos:** Es un dispositivo eléctrico que produce luz mediante un filamento metálico, que se calienta a una alta temperatura gracias a una corriente eléctrica que pasa a través de él hasta el punto de generar luz.

**Sistema eléctrico:** Es una serie de elementos o componentes eléctricos o electrónicos, tales como resistencias, inductancias, condensadores, fuentes, y/o dispositivos electrónicos semiconductores, conectados eléctricamente entre sí con el propósito de generar, transportar o modificar señales electrónicas o eléctricas.

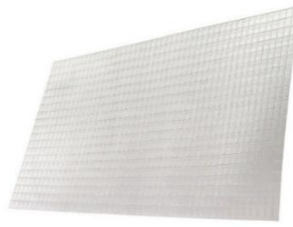
**Watt o Vatio:** Unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades, equivalente a 1 Joule/segundo.

**Potencia eléctrica:** Cantidad de energía eléctrica o trabajo que se transporta o que se consume en una determinada unidad de tiempo

**Difusor:** Elemento que sirve para dirigir o esparcir la luz de una fuente, principalmente por el proceso de transición difusa.

Los difusores parabólicos representan la forma más sofisticada y con mayor control de la precisión óptica disponible para luminarias fluorescentes. Su principal característica es la de redirigir la luz generada por las lámparas fuera del área de disconformidad visual de 60° a 90°.

Están disponibles en acabados especular y Semi-especular. Cada uno de ellos se comporta de manera diferente en lo que respecta a distribución de luz, intensidad y fuente de brillo



**Figura 2: Difusor cuadriculado**

**Dispersión:** Separación ordenada de la luz incidente en su espectro de las longitudes de onda que la componen, cuando pasa a través de un medio.

**Factor de Balastro:** se define como la relación entre el flujo luminoso de la bombilla funcionando con el balastro de producción y el flujo luminoso de la misma bombilla funcionando con el balastro de referencia.

**Factor de eficacia del balastro:** es la relación entre el factor de balastro en porcentaje y la potencia tomada de la red por el balastro.

**Factor de Mantenimiento (FM):** factor usado en el cálculo de la luminancia e iluminancia después de un periodo dado y en circunstancias establecidas. Tiene en cuenta la hermeticidad de la luminaria, la depreciación del flujo luminoso de la bombilla, la clasificación de los niveles de contaminación del sitio y el periodo de operación (limpieza) de la luminaria.

**Plano de Trabajo** Es la superficie horizontal, vertical u oblicua, en la cual el trabajo es usualmente realizado y cuyos niveles de iluminación deben ser especificados y medidos.

**Reflectancias de una superficie** relación entre el flujo radiante o luminoso reflejado y el flujo incidente sobre una superficie.

**Reflector:** dispositivo usado para redirigir el flujo luminoso de una fuente mediante el proceso de reflexión.

**Reflexión:** termino general para el proceso mediante el cual el flujo incidente deja una superficie o medio desde el lado incidente sin cambio en la frecuencia.

**Refracción:** proceso mediante el cual la dirección de un rayo de luz cambia conforme pasa oblicuamente de un medio a otro en el que su velocidad es diferente.

**Refractor:** Dispositivo utilizado para redirigir el flujo luminoso de una fuente, primordialmente por el proceso de refracción.

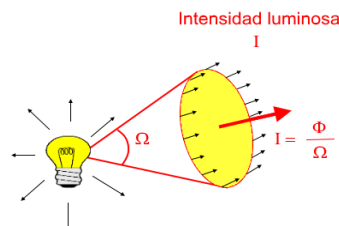
**Centro de carga:** Es un tablero metálico que contiene una cantidad determinada de interruptores termomagnético, generalmente empleados para la protección y desconexión de pequeñas cargas eléctricas y alumbrado.

En el caso de que en el tablero se concentre exclusivamente interruptores para alumbrado, se conoce como "tablero de alumbrado"; si concentra otros tipos de cargas, se conoce como "tablero de fuerza"; en caso de que contenga interruptores tanto para fuerza como alumbrado se conocerá como "tablero de fuerza y alumbrado" o "tablero mixto".

**Carga eléctrica:** Es una propiedad física intrínseca de algunas partículas subatómicas que se manifiesta mediante fuerzas de atracción y repulsión entre ellas por la mediación de campos electromagnéticos. La materia cargada eléctricamente es influida por los campos electromagnéticos, siendo, a su vez, generadora de ellos.

**Interruptor termomagnético:** Es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente en un circuito: el magnético y el térmico (efecto Joule). El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga

**Intensidad Luminosa:** La intensidad luminosa es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa durante un segundo, en una dirección dada y para un ángulo solido de vapor de un estereorradián (Sr) se representa por la letra  $I$ . Su unidad es la candela (Cd).



**Figura 3: Intensidad Luminosa**

### 1.1.1 Fatiga visual

Esta consiste en una disminución de la capacidad visual, de carácter reversible, debida a un esfuerzo excesivo del aparato visual. También puede definirse como una alteración funcional, de carácter reversible en su inicio, debido a un esfuerzo excesivo sobre los músculos oculares y de la retina, a fin de obtener una focalización fija de la imagen sobre la retina. Uno de los factores que más influencia tiene sobre la aparición de la fatiga visual son los deslumbramientos, estos se entienden como la situación visual en la cual se produce malestar o una reducción en la capacidad de percibir detalles u objetos, debido a una distribución inadecuada de iluminancias, a un valor elevado de las mismas o a un exceso de contraste.

#### 1.1.1.2 Naturaleza de la fatiga visual

Se puede traducir en síntomas subjetivos, modificaciones fisiológicas y una bajada del rendimiento visual. La fatiga visual se caracteriza por tres síntomas subjetivos:

- Oculares: sensación de tensión del globo ocular, sequedad del ojo, tensión o pesadez en los párpados y ojos, picores, sensación de ardor, sensibilidad a la presión.
- Visuales: visión borrosa, visión doble, diplopía, bajada de la agudeza visual, dificultades de fijación, persistencia anormal de imágenes consecutivas, inestabilidad de la imagen dentro de su definición óptica.
- Generales: cefaleas, náuseas, vómitos, somnolencias, sensación de vértigo.

## Capítulo II: Luminotecnia

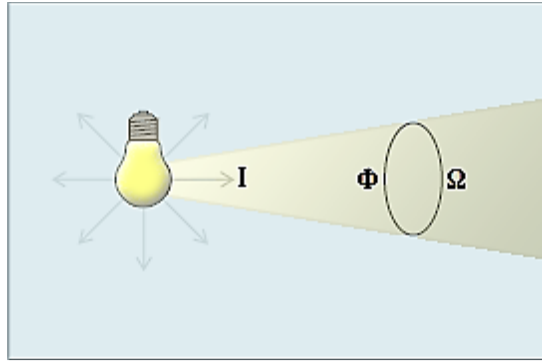
La luminotecnia es la ciencia que estudia las distintas formas de producción de la luz, así como su control y aplicación.

### 2.1 Magnitudes Fundamentales de la Luminotecnia

#### ➤ Flujo Luminoso

Es la cantidad de luz radiada o emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones durante un segundo. Se representa por la letra griega Phi ( $\Phi$ ). Su unidad es el Lumen (Lm). El Flujo luminoso también puede definirse como potencia luminosa y para medirlo se utiliza la esfera integradora de Ulbrich.





**Figura 4: Representación del flujo luminoso**

### ➤ Rendimiento Luminoso (Lm/W)

Cuando encendemos una luminaria, no toda la energía transformada es aprovechada para la producción de luz visible, ya que gran parte se pierde en calor y en radiaciones no visibles. Se denominará rendimiento o eficacia luminosa el flujo que emite una fuente luminosa (una luminaria en el caso que nos ocupa) por cada unidad de potencia eléctrica consumida para su obtención. Se representa por la letra griega eta ( $\eta$ ) y su unidad es el lumen sobre unidad de Wattios (Lm/W). El rendimiento luminoso se calcula mediante la expresión:

Donde:

$$\eta = \frac{\Phi}{P}$$

$\eta$ = Rendimiento Luminosos en Lm/W

$\Phi$ = Flujo Luminoso en Lm

P= Potencia Eléctrica de luminaria en Wattios.

## 2.2 Fuentes luminosas

Una fuente luminosa es un dispositivo que emite energía radiante capaz de excitar la retina y producir una sensación visual. La selección de las luminarias y las fuentes luminosas constituyen aspectos fundamentales en la tarea del diseñador y está basada en aspectos como la eficacia lumínica, flujo luminoso, características fotométricas, reproducción cromática, temperatura del color de la fuente, duración y vida útil de la fuente.

### 2.2.1 Características generales de una fuente luminosa

Las fuentes luminosas poseen una serie de características con sus respectivas unidades de medidas, las cuales forman parte de criterios empleados al momento de diseñar un sistema de iluminación como lo son:

- Candela (cd): Unidad del Sistema Internacional (SI) de intensidad luminosa. Una candela es igual a un lumen por estereorradián. Una candela se define como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente que emite una radiación monocromática de una frecuencia de 540 x

1012 Hz y en la cual la intensidad radiante en esa dirección es 1/683 W por estereorradián.

- Depreciación lumínica: Disminución gradual de emisión luminosa durante el transcurso de la vida útil de una fuente luminosa.
- Eficacia luminosa de una fuente: Relación entre el flujo luminoso total emitido por una fuente luminosa (bombilla) y la potencia de la misma. La eficacia de una fuente se expresa en lúmenes/vatio (lm/W).
- Iluminancia (E): Densidad del flujo luminoso que incide sobre una superficie. La unidad de iluminancia es el lux (lx).
- Índice de rendimiento de color (Ra): Efecto de una fuente de luz sobre el aspecto cromático de los objetos que ilumina por comparación con su aspecto bajo una fuente de luz de referencia. La forma en que la luz de una bombilla reproduce los colores de los objetos iluminados se denomina índice de rendimiento de color (Ra). El color que presenta un objeto depende de la distribución de la energía espectral de la luz con que está iluminado y de las características reflexivas selectivas de dicho objeto.
- Índice de reproducción cromática (IRC): Las propiedades de una fuente de luz, a los efectos de la reproducción de los colores, se valorizan mediante el Índice de Reproducción Cromática.

Este factor se determina comparando el aspecto cromático que presentan los objetos iluminados por una fuente dada con el que presentan los iluminados por una “luz de referencia”. Los espectros de las bombillas incandescentes o de la luz del día contienen todas las radiaciones del espectro visible y se los considera óptimos en cuanto a la reproducción cromática; se dice que tienen un IRC= 100.

El índice de reproducción cromática (IRC) se define como el efecto de una iluminación sobre la percepción del color de los objetos, de forma consciente o subconsciente, en comparación con su percepción del color bajo una iluminación de referencia, es decir, es la capacidad de la fuente luminosa de reproducir los colores naturales en los objetos iluminados.

El IRC toma valores entre 0 y 100, de forma que una fuente de luz con IRC 100 indica que los valores de los objetos iluminados con este tipo de luz serán muy próximos a los que veríamos bajo una luz natural que tuviera a la misma temperatura de color que la lámpara. Conforme nos vamos alejando de 100 podemos esperar mayor dispersión de todos los colores, así podemos clasificar el IRC de la forma en que se aprecia en la tabla.

IRC < 60	Pobre
60 < IRC < 80	Bueno
80 < IRC < 90	Muy bueno
90 < IRC < 100	Excelente

**Figura 5: Clasificación de índice de reproducción cromática**

- Lumen (lm): Unidad de medida del flujo luminoso en el Sistema Internacional (SI). Radiométricamente, es el flujo luminoso emitido dentro de una unidad de ángulo sólido (un estereorradián) por una fuente puntual que tiene una intensidad luminosa uniforme de una candela.
- Potencia nominal de una fuente luminosa: Potencia requerida por la fuente luminosa, según indicación del fabricante, para producir el flujo luminoso nominal. Se expresa en vatios (W).
- Vida física (de una fuente luminosa): Promedio de tiempo transcurrido, expresado en horas, antes de que la fuente luminosa deje de funcionar completa y definitivamente, por haberse dañado cualquiera de sus componentes, sin que hayan interferido influencias externas.

### **2.3 Clasificación de una fuente luminosa según su naturaleza.**

De acuerdo a su naturaleza estas pueden ser de tipo:

- Natural: Las estrellas son la principal fuente luminosa natural. En nuestra galaxia el sol es la más grande conocida hasta ahora, pero debido a la composición arquitectónica de las ciudades y las características propias del mismo, cada vez se hace más difícil hacer uso de ella, por lo cual el hombre desde hace más de medio siglo ha hecho uso de otro tipo de elementos para satisfacer sus necesidades en esta materia.
- Artificiales: Este tipo de fuente hace uso de diferentes fenómenos fisicoquímicos como por ejemplo la combustión, en la actualidad este tipo de reacciones pueden ser controladas y se ocasionan dentro de unidades que reciben el nombre lámparas o bombillas.

#### **2.3.1 Fuente luminosa artificial**

Las fuentes luminosas artificiales pueden clasificarse de acuerdo a la forma como se produce la emisión en:

- Incandescentes: Cuando un cuerpo adquiere una temperatura determinada, sus átomos sufren choques que los llevan a estados excitados, con la subsiguiente des-excitación y producción de radiación de

un espectro continuo. Esta forma de generar radiación luminosa recibe el nombre de incandescencia.

- Luminiscentes: La luminiscencia es el proceso en el cual la energía es absorbida por la materia y luego remitida en forma de fotones. Dentro de este fenómeno puede ocurrir que la emisión ocurra casi inmediatamente a la excitación, denominándose este caso fluorescencia, mientras que cuando hay un retardo entre estos dos procesos, excitación y emisión, se llama fosforescencia.

## **Lámparas incandescentes**

a) Incandescente estándar: La incandescencia en una lámpara de filamento (Ver figura 5) es causada por el calentamiento debido al paso de una corriente eléctrica.

La corriente es transportada por el movimiento de electrones libres a través de una apretada red de átomos o iones (átomos que han perdido un electrón, quedando cargados positivamente) que, salvo por las vibraciones térmicas, están inmóviles. Los conductores metálicos contienen aproximadamente tantos electrones libres como átomos o iones fijos, de lo que se deriva su alta conductividad eléctrica. Si bien las moléculas de sólidos o gases están en constante movimiento a temperaturas por arriba del cero absoluto y su movimiento es función de la temperatura, la emisión en el rango visible comienza a temperaturas mayores de 600 °C. El efecto directo del pasaje de una corriente eléctrica a través de un conductor es el calentamiento de éste, de manera que si el calentamiento es suficiente para excitar los átomos se produce la emisión en el rango visible.



**Figura 6: Bombillas incandescente estándar**

b) Lámpara incandescente halógena: La necesidad de mejorar la relación eficacia-vida en las lámparas incandescentes convencionales llevó a la incorporación de un gas haluro aditivo (bromo, cloro, flúor y yodo) el cual produce un ciclo regenerativo del filamento. El término halógeno es el nombre que se da a esta familia de elementos electro-negativos. El yodo fue usado en las primeras lámparas, pero hoy en día se usa el bromo.

## Lámparas luminiscentes

- a) Lámpara fluorescente: Las lámparas fluorescentes (Ver figura 6) pertenecen a la categoría de lámparas de descarga en gases a baja presión.

Están constituidas básicamente por un bulbo o tubo de descarga con vapor de mercurio y recubierto de polvos fluorescentes (denominados “fósforos”) en la pared interior del tubo para la conversión de radiación UV en visible, un par de electrodos sellados herméticamente en los extremos del tubo y los casquillos que proporcionan la adecuada conexión eléctrica a la fuente de suministro de energía.

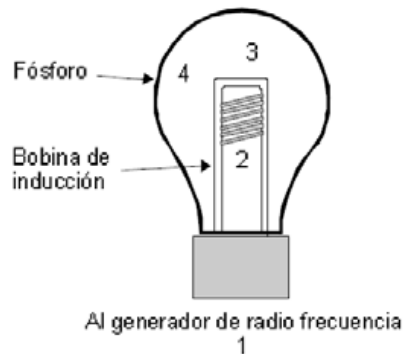


**Figura 7: Lámparas y Bombillas fluorescentes**

- b) Lámpara Fluorescente Compacta: Las lámparas fluorescentes compactas han surgido como consecuencia del uso de fósforos activados con tierras raras y con la contribución de la electrónica, las cuales, conservando la eficacia y vida de las fluorescentes lineales, pueden competir con las lámparas incandescentes aún en el hogar.

Estas lámparas fueron originalmente diseñadas para ser intercambiadas con las lámparas incandescentes de 25 a 100 W, pero ya hoy en día existen lámparas compactas de diferentes potencias, color, tamaños y formas similares a las incandescentes, incluso hasta contienen reflectores incorporados que pueden reemplazar a las fluorescentes lineales en luminarias pequeñas. En ellas se usan las lámparas T-4 y T-5 de forma curvada o plegada de manera compacta y plana, o bien dos o más tubos paralelos de pequeño diámetro, interconectados entre sí y con un solo casquillo. Existen muchas técnicas de sellado, conexión entre tubos y de recubrimiento interior, que permiten la obtención de diferentes tamaños y flujos luminosos. La parte del tubo es a menudo encerrada en una cápsula de vidrio o plástico con forma cilíndrica o esférica.

c) Lámpara de inducción: Las lámparas sin electrodos usan un campo electromagnético (EM) desde afuera del tubo en lugar de la aplicación de una tensión adentro para iniciar la descarga. Las lámparas de descarga inductiva, conocidas como lámparas de inducción, se las asocia a lámparas fluorescentes sin electrodos ya que producen luz excitando los mismos fósforos convencionales de las fluorescentes.



**Figura 8: Bombilla de inducción**

d) Lámpara de sodio a baja presión: La lámpara de sodio de baja presión (Ver figura 8) es similar a la de mercurio de baja presión o fluorescente, pero en este caso contiene un vapor de sodio a baja presión donde se produce el arco. Para facilitar el arranque se agrega neón con una cierta proporción de argón, de modo que la lámpara puede arrancar con una tensión de pico entre 500 y 1500 V, según el tipo de lámpara. Una vez que se ha encendido y que el gas se ha ionizado, la descarga inicial se produce en el neón, de aquí su color rojo. En operación normal, la luz producida es casi monocromática, la que consiste en una línea doble del sodio de 589,0 nm y 589,6 nm (amarillo).



**Figura 9: Bombilla de sodio baja presión**

e) Lámparas de descarga de alta intensidad (HID): Las lámparas de descarga de alta intensidad (HID) incluyen al grupo de las conocidas lámparas de mercurio, mercurio halogenado y las de sodio de alta presión.

Todas estas lámparas producen luz mediante una descarga eléctrica de arco en un bulbo interior o tubo de descarga el cual a su vez está dentro de un bulbo exterior. El tubo de arco contiene electrodos sellados en cada extremo y contiene un gas de encendido que es relativamente fácil de ionizar a baja presión y temperatura ambiente. Este gas de encendido es generalmente argón o xenón o una mezcla de argón, neón o xenón dependiendo del tipo de lámpara.

El tubo de arco también contiene metales o compuestos de halogenuros metálicos que, cuando se evaporan en la descarga, producen líneas características de la energía radiante, de modo que cada tipo de lámpara de descarga de alta intensidad produce luz de acuerdo al tipo de metal contenido en el arco. Así, las de vapor de mercurio producen radiación visible excitando los átomos de mercurio, las de sodio de alta presión excitando los átomos de sodio, y las de halogenuros metálicos excitando átomos y moléculas de sodio, escandio, tulio, holmio y disprosio.

f) Lámparas de vapor de mercurio de alta presión: La lámpara de vapor de mercurio (Ver figura 9) consiste en un tubo de descarga de cuarzo relleno de vapor de mercurio, el cual tiene dos electrodos principales y uno auxiliar para facilitar el arranque.

La luz que emite es color azul verdoso, no contiene radiaciones rojas. Para resolver este problema se acostumbra añadir sustancias fluorescentes que emitan en esta zona del espectro. De esta manera se mejoran las características cromáticas de la lámpara, Aunque también están disponibles las bombillas completamente transparentes las cuales iluminan bien en zonas donde no se requiera estrictamente una exacta reproducción de los colores.



**Figura 10: Bombilla vapor de mercurio**

g). Lámpara de halogenuros metálicos: Estas lámparas contienen halogenuros metálicos de cloro y yodo, además del mercurio y una mezcla de argón para el encendido. Cuando la lámpara alcanza su temperatura de funcionamiento estos halogenuros metálicos se vaporizan parcialmente dissociándose en halógenos e iones metálicos. De este modo en la lámpara se forman los siguientes elementos:

- ✓ Halogenuros metálicos no agresivos, cerca de la pared del tubo de descarga.

- ✓ Iones metálicos y de halógeno en el centro de la descarga. Los iones metálicos son los que emiten radiación.
- ✓ Cuando los iones metálicos y halógenos se acercan, sea por convección o difusión, a las partes más frías del tubo se recombinan y el ciclo se repite —ciclo del halogenuro. Ambos son potencialmente agresivos, pero, debido a la menor temperatura de la zona exterior, no pueden alcanzar la pared del tubo sin antes recombinarse.



**Figura 11: Lámpara de haluro metálico**

h). Lámpara de sodio a alta presión: La lámpara de sodio de alta presión (Ver figura 11) radia en todo el espectro visible, en contraste con las lámparas de sodio de baja presión, que solo radia el doblete D del sodio en 589 nm. Las lámparas de sodio estándar, con una presión del sodio entre 5 a 10 kPa, poseen en general una temperatura de color entre 1900 a 2200 K y un índice de rendimiento de color de 22. A medida que la presión del sodio aumenta por arriba de 27 kPa, la línea de radiación D (589 nm) del sodio es absorbida por el gas circundante más frío y reemitida como un espectro casi continuo a ambos lados de las líneas D, haciéndose éstas cada vez más débiles. Esto resulta en una región “negra” de 20 nm de ancho en la zona de 589 nm.



**Figura 12: Lámpara de sodio alta presión**



## **2.4 Iluminación**

Se refiere al conjunto de dispositivos que se instalan para producir ciertos efectos luminosos, tanto prácticos como decorativos. Con la iluminación se pretende, en primer lugar, conseguir una iluminancia, adecuada al uso que se le quiere dar al espacio iluminado, nivel, que dependerá de la tarea que los usuarios vayan a realizar.

La instalación de alumbrado debe satisfacer una serie de aspectos que hagan de la actividad a desarrollar por el observador una tarea cómoda. Hay muchos aspectos a tener en cuenta, ya que no se debe crear problemas de adaptación visual, no debe obstruir la tarea visual y debe permitir posturas cómodas, debe limitar la producción de ruido, debe eliminar el efecto estroboscópico, debe generar poca carga térmica, etc.

Todas estas consideraciones se deben tener en cuenta a la hora de realizar un proyecto de iluminación, pero pocas de ellas se cumplen en servicio, debido al descuido a la hora de realizar la obra, la adquisición de los materiales, la falta de mantenimiento, etc. Todo ello hace que la calidad promedio de iluminación de una instalación sea deficiente.

### **2.4.1 Las principales evidencias que denotan un mal sistema de iluminación son:**

1. Escaso nivel de iluminación
2. Alto nivel de deslumbramiento
3. Parpadeo de lámparas fluorescentes. Principal causante de estrés y dolores de cabeza.

Esto es debido generalmente a errores en el diseño, al uso de materiales y equipos que no cumplen los estándares internacionales, ya también a que no se realiza un adecuado mantenimiento preventivo, solo correctivo; cuando la luminaria falla se realiza una limpieza programada y una sustitución de las lámparas al terminar su vida útil.



**Figura N° 13: Luminarias en mal estado lo que redunda en una mala iluminación.**

### **Características físicas de las radiaciones luminosas**

- ❖ Frecuencia (f): Número de ciclos completos recorridos por una radiación en un segundo. Se expresa en (ciclos/s) o (Hz).
- ❖ Periodo (T): Es el tiempo que tarda una radiación en recorrer un ciclo. Se expresa en segundos (s), y resulta ser la inversa de la frecuencia:  $T=f^{-1}$ .
- ❖ Longitud de onda: Es la distancia entre dos ondas consecutivas. Su unidad más frecuente en aplicaciones lumínicas es el nanómetro (nm). Donde  $1\text{ nm} = 10^{-9}\text{ m}$ .

Hay que saber que la longitud de onda no es una característica invariable, sino que depende de la naturaleza del medio de propagación (c).

### **Zonas en función de la importancia que tiene la iluminación**

- ❖ Zonas de baja importancia lumínica Corresponde a espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, queda relegado a un segundo plano frente a otros criterios como el nivel de iluminancia, el confort visual, la seguridad y la eficiencia energética.
- ❖ Zonas de alta importancia lumínica o espacios donde el criterio de diseño, la imagen o el estado anímico que se quiere transmitir al usuario con la iluminación, son relevantes frente a los

### **2.4.2 Iluminación interior**

Los bombillos ahorradores de energía compactos, al lado de las modernas lámparas y los tubos fluorescentes F28T5 o F32T8, producen un ambiente fresco, agradable y relajado, debido a la temperatura de color de estos, o el índice de reproducción cromática (I.R.C).

Los resultados de esta iluminación son: sensación agradable en el ambiente ante una luz clara y fresca, mayor productividad, menos visitas al médico, menos costo de energía y de mantenimiento eléctrico de las lámparas (se ahorra de un 30% a un 70%, dependiendo de la tecnología empleada y horas de vida de las luminarias); además, hay que sumar a todo lo expuesto el posterior beneficio ambiental.

Los bombillos incandescentes tradicionales son de bajo costo, pero con la desventaja de su corta duración (1000 horas en condiciones normales) y alto consumo de energía lo que los hace poco amigables con el medio ambiente; además de su bajo índice de reproducción de colores en el espacio. Éstos, junto con la iluminación halógena, son utilizados con sensores de movimiento.

Los usuarios en los edificios trabajan más tranquilos y rinden más cuando no son absorbidos por los múltiples problemas que traen consigo la iluminación normalmente utilizada, como en el caso de los tubos fluorescentes con sus costosos balastos, accesorios, transporte, gran consumo de energía, y mantenimiento por técnicos electricistas.

### **Requisitos generales del diseño de alumbrado interior**

El diseño de la iluminación debe estar íntimamente ligado con el área que va a ser iluminada. Los factores a tener en cuenta son la forma y tamaño de los espacios, los colores y las reflectancias de las superficies del ambiente, la actividad a ser desarrollada, la disponibilidad de la iluminación natural y también los requerimientos estéticos requeridos por el cliente o usuario.

Para una adecuada iluminación se debe tener una estrecha interacción entre el diseñador de la iluminación y diseñadores y constructores de la edificación. Los ítems más importantes que el diseñador necesita investigar antes iniciar un diseño de alumbrado interior son los siguientes:

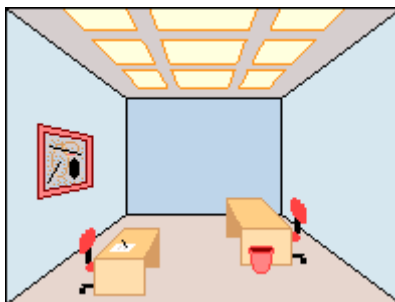
- ❖ Conocer con detalles las actividades asociadas con cada espacio.
- ❖ Las exigencias visuales de cada puesto de trabajo y su localización.
- ❖ Las condiciones de reflexión de las superficies
- ❖ La disponibilidad de la iluminación natural.
- ❖ Los niveles de iluminancia e uniformidad requeridas.
- ❖ El Control del deslumbramiento.

- ❖ Los requerimientos especiales en las propiedades de las luminarias, por el tipo de aplicación.
- ❖ Propiedades de las fuentes de luz artificial, tales como:
  - ✓ El índice de reproducción del color, lo natural que aparecen los objetos bajo la luz.
  - ✓ La temperatura del color, la apariencia de calidez o frialdad de la luz.
  - ✓ El tamaño y forma de la fuente luminosa y de la luminaria.

#### **2.4.2.1 Iluminación General Uniforme**

En este sistema, las fuentes de luz se distribuyen uniformemente sin tener en cuenta la ubicación de los puestos de trabajo. El nivel medio de iluminación debe ser igual al nivel de iluminación necesario para la tarea que se va a realizar. Son sistemas utilizados principalmente en lugares de trabajo donde no existen puestos fijos.

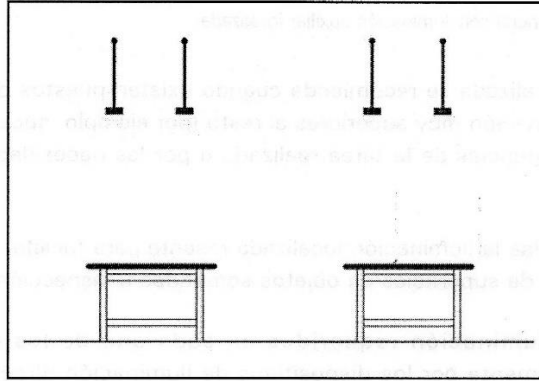
Debe tener tres características fundamentales: primero debe de estar equipado con dispositivos antibrillos (rejillas, difusores, reflectores, etcétera). Segundo debe distribuir una fracción de la luz hacia el techo y la parte superior de las paredes, y tercero, las fuentes de luz deben instalarse a la mayor altura posible, para minimizar los brillos y conseguir una iluminación lo más homogénea posible.



**Figura 14: Iluminación general uniforme**

#### **2.4.2.2 Iluminación General Localizada**

Es un tipo de iluminación con fuentes de luz instalado en el techo y distribuido teniendo en cuenta dos aspectos: las características de iluminación del equipo y las necesidades de iluminación de cada puesto de trabajo. Está indicado para aquellos espacios o áreas de trabajo que necesitan un alto nivel de iluminación y requiere conocer la ubicación futura de cada puesto de trabajo con antelación a la fase de diseño.



Iluminación general localizada.

**Figura 15: Iluminación General Localizada**

## 2.5 Lámparas

Son dispositivos que transforman una energía eléctrica o química en energía lumínica. Desde un punto de vista más técnico, se distingue entre dos objetos: la lámpara es el dispositivo que produce la luz, mientras que la luminaria es el aparato que le sirve de soporte.

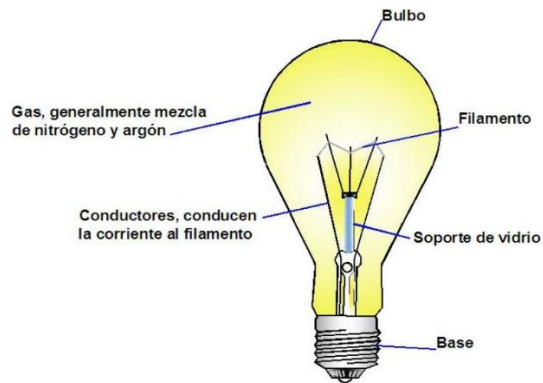
### 2.5.1 Tipos de lámparas

- Lámparas fluorescentes La luminosidad emitida por un fluorescente depende de la superficie emisora y en el caso de las lámparas compactas, lo que se ha hecho es doblar, de varias maneras, un tubo para conseguir esa superficie.



**Figura 16: Lámparas fluorescentes**

- Lámparas incandescentes Es un dispositivo que produce luz mediante el calentamiento por efecto Joule de un filamento metálico.



**Figura 17: Bombilla incandescentes**

- Lámparas halógenas La lámpara halógena es una variante de la lámpara incandescente con un filamento de tungsteno dentro de un gas inerte y una pequeña cantidad de halógeno (como yodo o bromo). El filamento y los gases se encuentran en equilibrio químico, mejorando el rendimiento del filamento y aumentando su vida útil.



**Figura 18: Lámparas halógenas**

- Lámparas Led están constituidas por Diodos Emisores de Luz como fuente luminosa. Debido a que la luz capaz de emitir un led no es muy intensa, para alcanzar la intensidad luminosa similar a las otras lámparas existentes

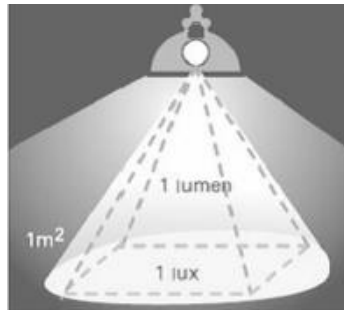


**Figura 19: Lámpara Led**

## Intensidad lumínica de diferentes fuentes y lugares de alimentación

- Situación - Emitancia luminosa
- Sol de verano - de 10.000 a 50.000 lux
- Luz diurna en un día nublado - 5000 lux
- Luna llena - 0,5 lux
- Iluminación de trabajo - 1000 a 1500 lux
- Iluminación del hogar (salón) - 150 lux
- Iluminación de las calles - 1 a 20 lux
- Umbral de los ojos para distinguir el color - 3 lux

**Luminancia:** Se define como la densidad angular, rectangular y superficial de flujo luminoso que incide, atraviesa o emerge de una superficie siguiendo una dirección determinada. Alternativamente, también se puede definir como la densidad superficial de intensidad luminosa en una dirección dada.



**Figura 20: Representación de luminancia**

**Emitancia luminosa o exitancia luminosa:** Es la cantidad de flujo luminoso que emite una superficie por unidad de área

**Luxes:** Es la unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades para la iluminancia o nivel de iluminación. Equivale a un lumen /m<sup>2</sup>. Se usa en la fotometría como medida de la iluminancia, tomando en cuenta las diferentes longitudes de onda según la función de luminosidad, un modelo estándar de la sensibilidad del ojo humano a la luz.

**Luminosidad:** Se define como el número de partículas por unidad de superficie y por unidad de tiempo en un haz.

### 2.5.2 Medición del deslumbramiento

El deslumbramiento es la sensación producida por áreas brillantes dentro del campo de visión y puede ser experimentado bien como deslumbramiento molesto o perturbador. El deslumbramiento causado por las reflexiones en superficies especulares es usualmente conocido como reflexiones de velo o de deslumbramiento reflejado.

Es importante limitar el deslumbramiento para evitar errores, fatiga y accidentes. En lugares de trabajo en interiores, el deslumbramiento molesto puede producirse directamente a partir de luminarias brillantes o ventanas. Si se satisfacen los límites de deslumbramiento molesto, el deslumbramiento perturbador no es usualmente un problema importante.

### **2.5.3 Iluminación con lámparas Incandescentes**

La lámpara incandescente produce luz mediante el calentamiento eléctrico de un alambre, el filamento, hasta una temperatura tan alta que la radiación emitida cae en la región visible del espectro. La producción de luz mediante la incandescencia tiene una ventaja adicional, y es que la luz emitida contiene todas las longitudes de onda que forman la luz visible o dicho de otra manera, su espectro de emisiones es continuo.

#### **Las partes principales de una lámpara incandescente son**

- ❖ El filamento es un elemento conductor de resistencia media. En la actualidad se usa wolframio que cuenta con una temperatura de fusión de unos 3.683 K. La vida del filamento viene condicionada por el fenómeno de evaporación. Que consiste en la emisión de partículas debido a la temperatura, adelgazándose el filamento progresivamente y llegando a su rotura. La temperatura suele estar comprendida entre los 2.400 K en lámparas al vacío, y los 2.900 K en lámparas con gas.
- ❖ La ampolla su misión es la de aislar el filamento del medio ambiente. Suele ser de vidrio soplado, aunque en ocasiones puede usarse cristal de cuarzo.
- ❖ El casquillo conecta la lámpara a la red y fija la lámpara al portalámparas correspondiente.

### **2.5.4 Iluminación con lámparas fluorescentes**

La lámpara es de descarga de vapor de mercurio a baja presión y se utiliza normalmente para la iluminación doméstica o industrial. Su ventaja frente a otro tipo de lámparas, como las incandescentes, es su eficiencia energética.

#### **2.5.4.1 Composición física química**

La lámpara consiste en un tubo de vidrio fino revestido interiormente con diversas sustancias químicas compuestas llamadas fósforos, aunque generalmente no contienen el elemento químico fósforo y no deben confundirse con él. Esos compuestos químicos emiten luz visible al recibir una radiación ultravioleta. El tubo contiene además una pequeña cantidad de vapor de mercurio y un gas inerte, habitualmente argón o neón, a una presión más baja que la presión atmosférica. En cada extremo del tubo se encuentra un filamento hecho de tungsteno, que al calentarse al rojo contribuye a la ionización de los gases.



Las lámparas fluorescentes necesitan de unos momentos de calentamiento antes de alcanzar su flujo luminoso normal, por lo que es aconsejable utilizarlas en lugares donde no se están encendiendo y apagando continuamente (como pasillos y escaleras). Por otro lado, como se ha dicho, los encendidos y apagadas constantes acortan notablemente su vida útil.

La condición de la vida útil de la lámpara fluorescentes puede variar según su uso y las condiciones ambientales en que se encuentra, y puede establecerse entre 5000 y 10 000 horas.

Con el balastro o reactancia electrónica antes nombrado, sustituyendo a la reactancia tradicional y al cebador, el encendido del tubo es instantáneo alargando de esta manera la vida útil.

#### **2.5.4.2 Ventajas de lámparas en fluorescente relación con las incandescentes**

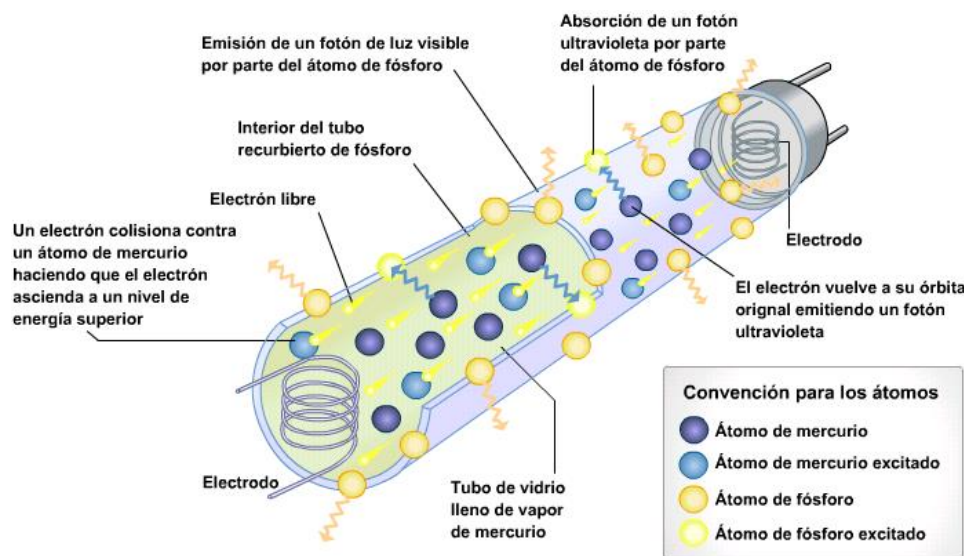
El uso de lámparas fluorescente ofrece ventajas con relación a las incandescentes, entre las más importantes están

- Eficiencia en lúmenes por watt de 2 o 3 veces mayor a la de las incandescentes convencionales.
- Menor calor producido
- Luz con menos sombras iluminando una mayor área.
- En condiciones normales de operación ofrecen un tiempo de vida mayor (de nuevo en comparación a las incandescentes convencionales).

#### **2.5.4.3 Desventajas de estas lámparas Fluorescentes con respecto a las incandescentes**

- Mayor sensibilidad a la temperatura, en ambientes de alta humedad se puede requerir de medios de protección especiales (lo que incrementa no solo el costo sino el tamaño de instalación.
- Tienen un mayor costo inicial.
- Su tiempo de vida esperado se puede afectar severamente por el número de operaciones de apagado y encendido.
- Su factor de potencia es menor que la unidad en comparación con las lámparas incandescente.
- Un IRC menor al proporcionado por lámparas incandescente.
- La instalación de este tipo de lámpara en casa de habitación compromete severamente la estética del lugar.
- No entrega su nivel máximo de iluminación al momento de encendido.
- No pueden ser utilizadas con atenuadores o dimmers.

- Proveen una luz de tipo difusa por lo que realizar trabajos en los que se requiera detallado se vuelve complicado.
- El uso prolongado de este tipo de luz compromete el confort del usuario.



**Figura Nº 21: Partes de lámpara fluorescente**

### 2.5.5 Iluminación con lámparas Led

Es una lámpara de estado sólido que usa led's (light-emitting, diodos emisores de luz) como fuente lumínica. Debido a que la luz capaz de emitir un led no es muy intensa, para alcanzar la intensidad luminosa similar a las otras lámparas existentes como las incandescentes o las fluorescentes compactas las lámparas led están compuestas por agrupaciones de ledes, en mayor o menor número, según la intensidad luminosa deseada.

Actualmente las lámparas de led se pueden usar para cualquier aplicación comercial, desde el alumbrado decorativo hasta el de viales y jardines, presentado ciertas ventajas, entre las que destacan su considerable ahorro energético, arranque instantáneo, aguante a los encendidos y apagados continuos y su mayor vida útil, pero también con ciertos inconvenientes como su elevado costo inicial.

Los diodos funcionan con energía eléctrica de corriente continua (CC), de modo que las lámparas de led deben incluir circuitos internos para operar desde la corriente alterna normal. Los ledes se dañan a altas temperaturas, por lo que las lámparas de led tienen elementos de gestión del calor, tales como disipadores y aletas de refrigeración. Las lámparas de led tienen una vida útil larga y una gran eficiencia energética, pero los costos iniciales son más altos que los de las lámparas fluorescentes.

#### 2.5.5.1 Composición Físico química

Las bombillas LED están formadas por un ánodo (positivo) y un cátodo (negativo), y entre sus componentes principales destacan la lente (un encapsulado normalmente de plástico epoxi), un contacto metálico que realiza la función de hilo

conductor, una cavidad reflectora (también denominada copa), un yunque y una plaqueta.

Hay que tener muy en cuenta que los ledes admiten una potencia de entre 1,8 y 3,8 voltios, según el color y la potencia soportada por los componentes de cada tipo de LED, por lo que para funciones de iluminación suelen presentarse en tiras de ledes que requieren el uso de un transformador, normalmente de 12 o 24 voltios, y por supuesto las correspondientes resistencias que limitan la corriente que pasa a través de ellos. No obstante, las soluciones comerciales de iluminación con LED incluyen todos estos componentes y en la práctica no requieren de ninguna instalación a parte o consideraciones especiales

### **2.5.5.2 Ventajas y desventajas de las lámparas led**

#### Ventajas medioambientales

- Los led's deben cumplir las normativas RoHS (restriction of Hazardous Substances) restricción de sustancias peligrosas.
- No contienen mercurio ni otros metales pesados.
- Al ser más eficientes producen menos emisiones de CO2 para conseguir la misma iluminación.
- No generan tanto calor como las tradicionales con el consiguiente ahorro en climatización.
- Alto índice de reproducción cromática.
- Menor contaminación lumínica, ya que la luz que emite el led siempre va direccionada, con lo que se evita en el caso de los reflectores, iluminar hacia el cielo.
- Su larga duración implica una menor necesidad de materias primas para lámparas de sustitución.
- Sin radiación infrarroja ni ultravioleta.

#### Ventajas económicas

- Menor consumo que las lámparas tradicionales (fluorescente, incandescentes, halógenas, bajo consumo).
- Amortizaciones bastantes rápidas de la inversión por el ahorro obtenido en la iluminación.
- Elevada durabilidad desde las 15,000h hasta las 50,000 horas, dependiendo de la calidad de las led.
- Mantenimiento del flujo luminoso sobre el 70% original durante su vida útil.
- Reducción del coste de reposición y en consecuencia de mantenimiento nos ahorramos la nueva lámpara y la mano de obra de sustituirla.

- Encendido inmediato, desaparecen las pérdidas de tiempo esperando a que lámpara alcance la temperatura adecuada, o se encienda correctamente.
- Ajuste de la iluminación a nuestras necesidades, tanto en calidad como en intensidad a través de uso de dimmers.
- No requiere sustitución de los portalámparas existentes, es suficiente con realizar un sencillo recableado.
- Tras su instalación no requiere de la cubierta protectora, ya que la mayoría de los led's están fabricados de aluminio y plásticos, de forma que, en caso de rotura, no cae ningún fragmento sobre alimentos o personas.

#### Ventajas en diseño y arquitectura

- Máxima flexibilidad en el diseño, existen led's de todos los tamaños y con casi cualquier diseño.
- Amplia gama de tonos desde los 3000K hasta los 7500K, sin olvidar el gran juego que da el RGB.
- El arranque es inmediato obteniéndose el 100% del flujo luminoso tras el encendido.
- Mejora la eficiencia del sistema al emplearse luz directa.
- A diferencia de las luces fluorescentes, los led's son más eficientes en ambientes con bajas temperaturas.
- La regulación es total, sin cambio de color.
- Posibilidad de cambio de colores en unas mismas lámparas.
- Múltiples posibilidades para decoración.

#### Desventajas del LED

- Su mayor enemigo son las altas temperaturas, a partir de 65° la mayoría de las led se estropean. No solo debemos vigilar el led si no la electrónica que lleva asociada, que suele romperse antes que el led.
- Requieren una elevada disipación térmica, si bien generan menos calor que las convencionales, el que genera es muy importante disiparlo, para ello es vital que los disipadores sean de aluminio y con mucha superficie de disipación. Nos garantizara mayor tiempo de vida de la lámpara.
- El precio en comparación con las convencionales es bastante elevado.
- En potencias grandes a partir de 100W, es muy poco competitivo siendo su coste muy elevado, existiendo otras alternativas como la inducción magnética.

- La gran oferta de este tipo de producto hace difícil la elección de la compra, se debe tener cuidado con los proveedores seleccionados, existe un gran intrusismo en el sector.

### 2.5.6 Temperatura de color

La temperatura de color se define comparando su color dentro del espectro luminoso con el de la luz que emitiría un cuerpo negro calentando a una temperatura determinada. Por este motivo esta temperatura de color se expresa en Kelvin, a pesar de no reflejar expresamente una medida de temperatura.

Es decir, es la sensación que percibe el ojo humano ante la luz, siendo cálida si predomina el color ámbar o fría si predomina el azul.

Y conceptualmente lo dividimos en 6 categorías las cuales podemos observar en la siguiente tabla:

Descripción	Grado Kelvin (°K)
Ámbar	De 1200 °K a 2400°K
Blanco muy cálido	De 2400 °K a 2900°K
Blanco Cálido	De 2900 °K a 3900°K
Blanco neutro o luz de día	De 3900 °K a 5500°K
Blanco frío	De 5500 °K a 7000°K
Blanco muy frío	De 7000 °K a 9000°K

**Tabla N° 01: Clasificación de la Temperatura de Color**



**Figura N° 22: Ejemplo de temperatura de colores**

	<b>LUXES S.M.I.I. 95%</b>
<b>CENTRAL DE BOMBEROS</b> (Véase Edificios Municipales)	
<b>CLUBES</b>	
Salas de descanso y de lectura	200
<b>CORREOS</b>	
Vestíbulos, sobre mesas	200
Correspondencia, selección, etc.	600
<b>CORTES DE JUSTICIA (O TRIBUNALES)</b>	
Areas de asientos (público)	200
Areas de actividades propias de la corte	400
<b>EDIFICIOS MUNICIPALES: BOMBEROS Y POLICIA</b>	
Policia:	
Archivo de identificación	900
Celdas y cuartos para interrogatorios	200
Bomberos:	
Dormitorios	100
Sala recreativa	200
Garage carros bomba	200
<b>ESCUELAS</b>	
Salones de clase	400
Salones de dibujo (sobre restirador)	600
Lectura de movimiento de labios (sordo-mudos), pizarrones, costura	900

## **2. OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS:**

<b>AUDITORIOS</b>	
Para exhibiciones	200
Para asambleas	100
Para actividades sociales	50
<b>BANCOS</b>	
Vestibulo (iluminación general)	300
Pagadores, contadores y recibidores	900
Gerencia y correspondencia	900
<b>BIBLIOTECAS</b>	
Sala de lectura	400
Anaqueles	200
Reparación de libros	300
Archivero y catalogar	400
Mesa checadora de salidas y entradas de libros	400

### **Capítulo III: ¿Qué es un sistema solar Fotovoltaico?**

Es un conjunto de equipos contruidos e integrados especialmente para realizar cuatro funciones fundamentales:

- Transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica
- Almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada
- Proveer adecuadamente la energía producida (el consumo) y almacenada
- Utilizar eficientemente la energía producida y almacenada

En el mismo orden antes mencionado, los componentes fotovoltaicos encargados de realizar las funciones respectivas son:

- ✓ El módulo o panel fotovoltaico
- ✓ La batería
- ✓ El regulador de carga
- ✓ El inversor
- ✓ Las cargas de aplicación (el consumo)

La misión de un sistema solar fotovoltaico es captar la energía solar incidente para así poder generar una corriente eléctrica. Podemos definir un sistema solar fotovoltaico como el conjunto de componentes mecánicos eléctricos y electrónicos que concurren para captar la energía solar disponible y transformarla en energía eléctrica.



**Figura N° 23: Representación gráfica de panel solar**

### 3.1 Celdas fotovoltaicas

Una celda fotovoltaica es el componente que capta la energía contenida en la radiación solar y la transforma en una corriente eléctrica, basado en el efecto fotovoltaico que produce una corriente eléctrica cuando la luz incide sobre algunos materiales.

Las celdas fotovoltaicas son hechas principalmente de un grupo de minerales semiconductores, de los cuales el silicio, es el más usado. El silicio se encuentra abundantemente en todo el mundo porque es un componente mineral de la arena. Sin embargo, tiene que ser de alta pureza para lograr el efecto fotovoltaico, lo cual encarece el proceso de la producción de las celdas fotovoltaicas.

Una celda fotovoltaica tiene un tamaño de 10 por 10 centímetros y produce alrededor de un vatio a plena luz del día. Normalmente las celdas fotovoltaicas son color azul oscuro. La mayoría de los paneles fotovoltaicos consta de 36 celdas fotovoltaicas.

#### Marco de vidrio y aluminio

Este tiene la función principal de soportar mecánicamente a las celdas fotovoltaicas y de protegerlas de los efectos degradantes de la intemperie, por ejemplo: humedad y polvo. Todo el conjunto de celdas fotovoltaicas y sus conexiones internas se encuentra completamente aislado del exterior por medio de dos cubiertas, una frontal de vidrio de alta resistencia a los impactos y una posterior de plástico EVA (acetato de vinil etileno).

El vidrio frontal es antirreflejante para optimizar la captación de los rayos solares. El marco de aluminio también tiene la función de facilitar la fijación adecuada de todo el conjunto a una estructura de soporte a través de orificios convenientemente ubicados.



**Figura 24: Conjunto de paneles fotovoltaicos típico  
Y su estructura metálica de soporte.**

### 3.2 Tipos de módulos fotovoltaicos

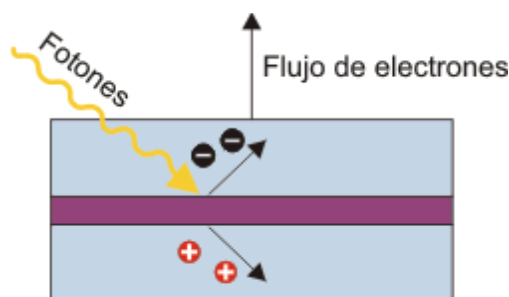
Existe en el mercado fotovoltaico una gran variedad de fabricantes y modelos de módulos solares. Según el tipo de material empleado para su fabricación, se clasifican en:



- ❖ Módulos de silicio monocristalino: son los más utilizados debido a su gran confiabilidad y duración, aunque su precio es ligeramente mayor que los otros tipos.
- ❖ Módulos de silicio policristalino: son ligeramente más baratos que los módulos de silicio monocristalino, aunque su eficiencia es menor.
- ❖ Módulos de silicio amorfo: tienen menor eficiencia que los 2 anteriores, pero un precio mucho menor. Además, son delgados y ligeros, hechos en forma flexible, por lo que se pueden instalar como parte integral de un techo o pared.

### 3.3 Funcionamiento de un panel Fotovoltaico

El principio de funcionamiento de los paneles fotovoltaicos se basa en el efecto fotovoltaico o efecto fotoeléctrico, mediante la captación de fotones provenientes de la luz solar, los cuales inciden con una cierta cantidad de energía en la superficie del panel, esta interacción provoca el desprendimiento de los electrones de los átomos de silicio, rompiendo y atravesando la barrera de potencial de la capa semiconductora. Esto genera una diferencia de potencial en la capa N con respecto a la P. Luego si se conecta una carga eléctrica o elemento de consumo entre los terminales del panel se iniciará una circulación de corriente continua, tal como se puede apreciar en la Figura 26.



**Figura 25: Desplazamiento de Electrones  
Mediante la captación de Fotones**

El nivel de energía proporcionado por un panel fotovoltaico depende de lo siguiente:

- ❖ Tipo de panel y área del mismo
- ❖ Nivel de radiación e insolación
- ❖ Longitud de onda de la luz solar

Una celda fotovoltaica común de silicio monocristalino de 100 cm<sup>2</sup> de superficie, puede producir aproximadamente 1.5 Watt de energía, a 0.5 volt (CC) y 3 amperes de corriente bajo condiciones óptimas (luz solar en pleno verano a una radiación

de  $1000\text{W/m}^2$ ). La energía entregada por la celda es casi directamente proporcional al nivel de radiación solar.

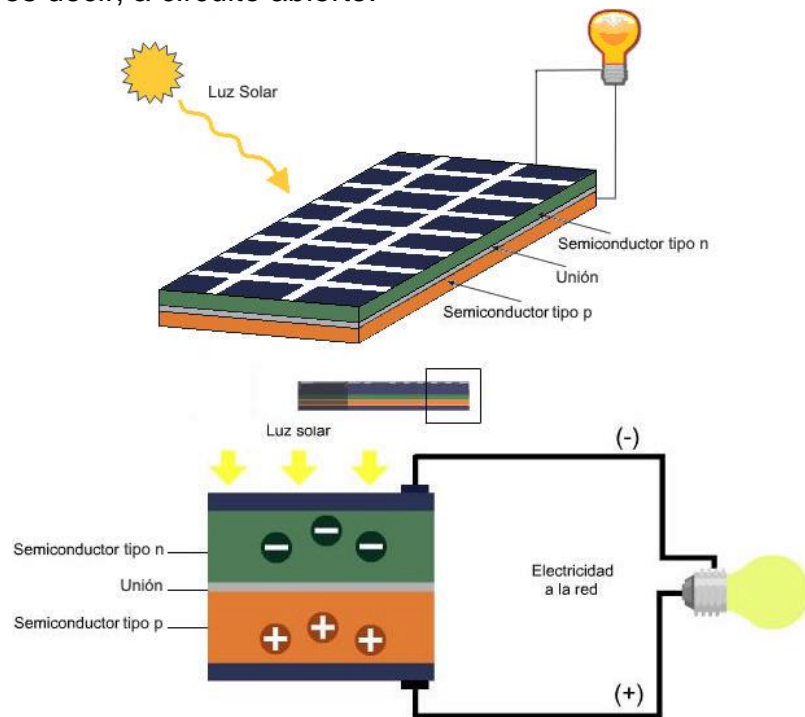
El nivel de potencia de salida por panel es denominado potencia pico, la cual corresponde a la potencia máxima entregable por el conjunto de celdas bajo las siguientes condiciones estándares de prueba:

- ✓ Radiación de  $1000\text{ W/m}^2$
- ✓ Temperatura de celda de  $25^\circ\text{ C}$  (no corresponde a la temperatura ambiente).
- ✓ Masa de aire ( $AM=1,5$ ).

Bajo estas condiciones es posible medir los siguientes parámetros:

**Corriente de corto circuito ( $I_{sc}$ ):** corresponde a la máxima corriente en amperes generada por cada panel, al conectar una carga de resistencia cero en sus terminales de salida. Su valor depende de la superficie del panel y de la radiación solar.

**Voltaje de circuito abierto ( $V_{oc}$ ):** corresponde al voltaje máximo que genera un panel solar y medido en los terminales de salida cuando no existe carga conectada, es decir, a circuito abierto.



**Figura 26: Elementos de un sistema FV**

Existen distintos tipos de tecnologías que permiten utilizar la energía proveniente del sol, los cuales se nombran a continuación

**Energía solar pasiva:** aprovecha el calor del sol sin necesidad de mecanismos o sistemas mecánicos.

**Energía solar térmica:** aprovecha la energía calórica del sol para calentar algún tipo de fluido a baja temperatura, normalmente agua, para uso sanitario y calefacción, los sistemas utilizados para esto se denominan colectores solares.

**Energía solar fotovoltaica:** aprovecha la energía lumínica del sol para producir electricidad mediante placas de semiconductores que se alteran con la radiación solar, estos sistemas se llaman Paneles Solares Fotovoltaicos (PFV).

**Energía solar termoeléctrica:** aprovecha la energía calórica para producir electricidad, esto se logra a través de un ciclo termodinámico convencional, mediante el cual se calienta algún tipo de fluido a alta temperatura (aceite térmico).

**Energía solar híbrida:** consiste en utilizar además de la energía solar, otro tipo de energía. Esto se conoce como hibridación y dependiendo con el tipo de energía que se combine será:

- ✓ Renovable: biomasa, energía eólica.
- ✓ Fósil.

**Energía eólico solar:** consiste en utilizar el aire calentado por el sol, para hacer girar unos generadores ubicados en la parte superior de una chimenea.

### **3.4 Clasificación de los sistemas solares Fotovoltaico**

#### **3.4.1 Sistemas Aislados**

Un sistema aislado tiene como principal objetivo abastecer las necesidades de energía eléctrica en lugares donde no cuentan con suministros de red eléctrica de distribución o es difícil el acceso. Normalmente se encuentran equipados con sistemas de acumulación de energía ya que solo pueden proporcionar mayor energía durante el día y la demanda se produce tanto a lo largo del día como de la noche. Esto no lleva a que el campo fotovoltaico debe de estar dimensionado de forma que permita durante horas con más radiación, la alimentación de la carga y la recarga de baterías de acumulación.

**Los principales componentes de un sistema aislado son:**

Módulos fotovoltaicos: La transformación directa de la energía solar en energía eléctrica se realiza en un equipo llamado módulo o panel fotovoltaico. Los módulos o paneles solares son placas rectangulares formadas por un conjunto de celdas fotovoltaicas protegidas por un marco de vidrio y aluminio anodizado

El Regulador o Controlador de Carga: Este es un dispositivo electrónico, que controla tanto el flujo de la corriente de carga proveniente de los módulos hacia la

batería, como el flujo de la corriente de descarga que va desde la batería hacia las lámparas y demás aparatos que utilizan electricidad.

Sistema de Acumulación: Este sistema tiene la función de almacenar la energía sobrante para que pueda ser reutilizada cuando se demore la energía comercial.

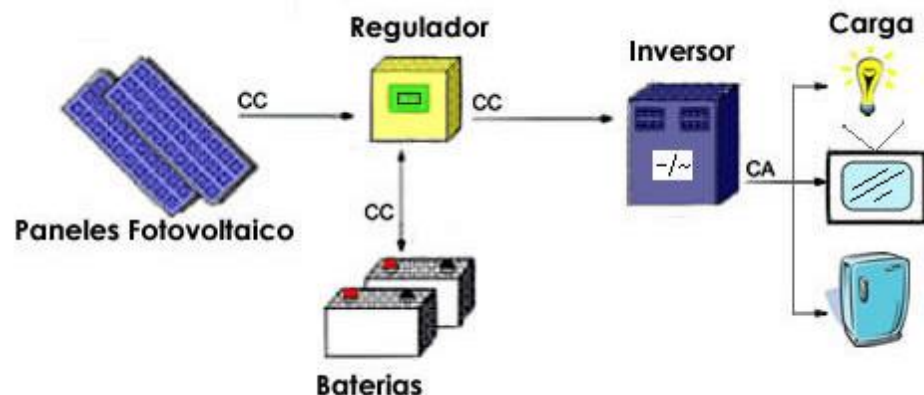
El Inversor: Proveer adecuadamente energía eléctrica no sólo significa hacerlo en forma eficiente y segura para la instalación y las personas; sino que, también significa proveer energía en la cantidad, calidad y tipo que se necesita.

Elemento de Protección del circuito: Protegen la descarga y la derivación de los elementos en caso de falla o situación de sobrecarga.

Baterías: El almacenamiento de la energía eléctrica producida por los módulos fotovoltaicos se hace a través de las baterías. Estas baterías son construidas especialmente para sistemas fotovoltaicos.

Las baterías fotovoltaicas son un componente muy importante de todo el sistema pues realizan tres funciones esenciales para el buen funcionamiento de la instalación:

- Almacenan energía eléctrica en periodos de abundante radiación solar y/o bajo consumo de energía eléctrica.
- Proveen la energía eléctrica necesaria
- Proveen un suministro de energía eléctrica estable y adecuado



**Figura N° 27: Sistema aislado a la red**

### 3.4.2 Sistema de Conexión a Red

Los sistemas conectados a la red no cuentan con sistemas de acumulación ya que la energía eléctrica producida durante el periodo de radiación que no es ocupada es canalizada a la red eléctrica. Estas instalaciones cuentan con un sistema de seguimiento del estado de tensión de la red de distribución, de tal

manera garantizamos el correcto funcionamiento a la entrega de la energía tanto en modo como en tiempo y de esta manera podemos evitar situaciones peligrosas

Un sistema de paneles solares interconectados a la red es simplemente un sistema que está conectado a la red eléctrica de Comisión Federal de Electricidad (C.F.E), por lo tanto, utiliza la electricidad tanto del sistema de paneles solares como de la red eléctrica. Debido a esto, un sistema solar interconectado no tiene que satisfacer todas las demandas de electricidad del hogar.

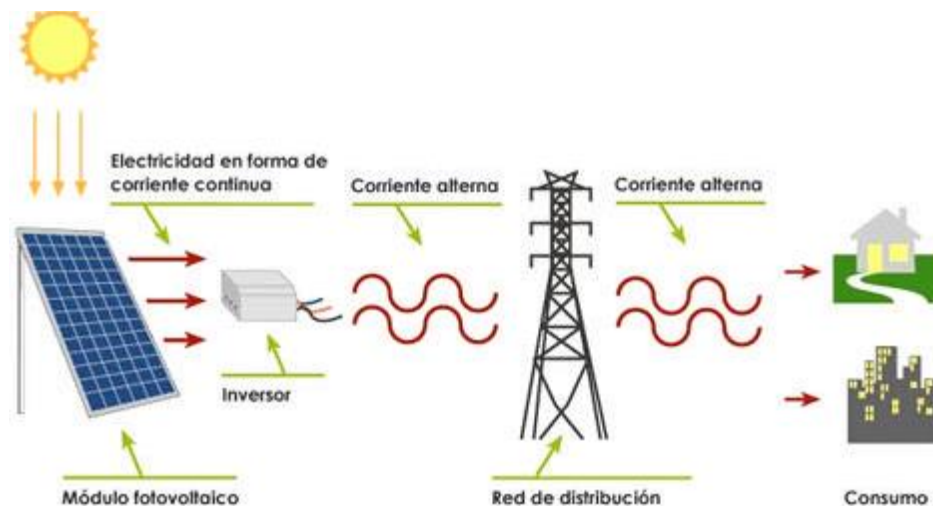
Si es necesario, la casa puede extraer energía de la red en momentos (como en días nublados o en la noche) cuando los paneles solares no están produciendo con la máxima eficiencia. De la misma manera, si se genera más energía de la necesaria por los paneles de una casa, ese exceso de energía será alimentado a la red y se te abonará.

#### **3.4.2.1 Los principales componentes de un sistema conectado a la red son:**

Módulos fotovoltaicos: estos módulos tienen la capacidad de captar la energía solar.

Inversor para la conexión a la red: Este componente es el más importante en este sistema, ya que maximiza la producción transforma la corriente continua en corriente alterna y decide el momento de inducirla en la red de distribución.

Contador de energía: Mide la energía producida por el sistema fotovoltaico durante su periodo de funcionamiento.



**Figura N° 28: Sistema conectado a la red**

## ¿Cómo Funciona?

- Los paneles solares capturan los rayos del sol convirtiéndolos en energía limpia.
- El inversor convierte la corriente directa (DC) en alterna (AC)
- La corriente alterna (AC) viaja al centro de carga para ser utilizada.
- El medidor bidireccional cuantifica la energía inyectada a la red.
- El exceso de energía se envía a CFE y se te abona.

### **3.4.2.2 Ventajas de un sistema de paneles solares en interconectados a la red**

Un sistema solar interconectado a la red tiene varias ventajas:

#### Asegura suministro

Hay días en que la eficiencia no es la mejor, debido a tormentas o en la noche. Sin embargo, muchas de nuestras actividades diarias y nocturnas seguirán requiriendo el uso de electricidad. Aquí simplemente utilizas energía de la red. A diferencia de los sistemas aislados de la red que pueden quedarse sin energía.

Menos energía se desperdicia como resultado y la eficiencia de su sistema sube. Excepto en el caso de un apagón, siempre tendrá acceso a la electricidad durante cualquier hora del día, siempre y cuando su sistema esté conectado a la red.

#### Costos

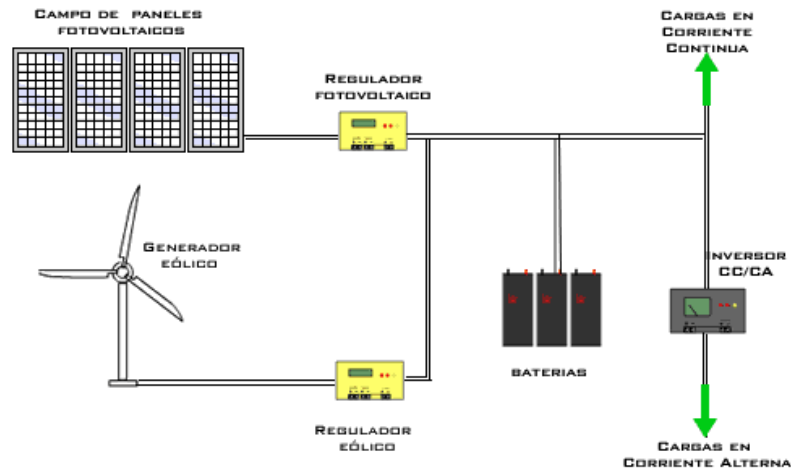
Para funcionar correctamente, los sistemas aislados de la red requieren equipo más especializado lo que los hace caros rápidamente. Evidentemente, menos equipo significa generalmente menores costos de instalación y mantenimiento. Este es el caso de la mayoría de los sistemas conectados a la red. Dado que la red eléctrica funciona como una batería para su sistema, usted no sólo no tiene que pagar por las baterías, no tiene que pagar por el mantenimiento que está involucrado con esas baterías.

### **3.4.3 Sistema Híbrido**

En este caso el sistema fotovoltaico aislado se puede complementar con otro, con el objetivo de tener mayores garantías del uso continuo de energía eléctrica. Cuando un sistema fotovoltaico además del generador incorpora otro generador de energía se denomina sistema híbrido y por lo general se usa energía eólica.

Este sistema se da para aprovechar algún recurso energético localizado cerca de la instalación o para obtener mayor fiabilidad en el suministro de energía eléctrica. La configuración de este sistema puede variar dependiendo de las necesidades requeridas.

En este tipo de instalaciones se combinan los sistemas fotovoltaicos con una o más fuente de energía renovable o no renovable, como, por ejemplo: sistemas eólicos, mareomotriz, biomasa, geotermia, generadores, etc. según se muestra en la Figura, aumentando de esta forma la confiabilidad de la instalación, ya se evita la dependencia de la plena de un solo medio de generación, como lo es el fotovoltaico, permitiendo en cambio, la complementación de estos sistemas.



**Figura N° 29: Instalación solar eólica**

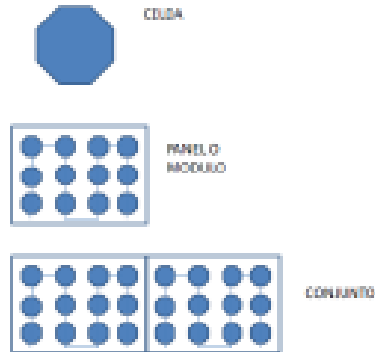
### 3.5 Tipos de celdas fotovoltaicas

Las celdas fotovoltaicas (celdas solares) son dispositivos de conversión de la energía usados para convertir la radiación solar a electricidad en este caso corriente directa, mediante un efecto fotovoltaico. Las celdas fotovoltaicas son dispositivos electrónicos de estado sólido, como los diodos, transistores, entre otros elementos electrónicos. Estos dispositivos se refieren como de estado sólido, ya que el flujo de electrones es entre materiales sólidos. La mayoría de las celdas fotovoltaicas se encuentran fabricadas de materiales que abundan en el planeta, como es el caso del silicio, el cual se extrae del cuarzo y de la arena, o el galio y el sulfato de cadmio, como se muestra en la figura 31 el proceso de fabricación de la arena hasta llegar a ser un módulo.



**Figura N° 30: Orígenes del sistema FV**

El panel solar es un conjunto de celdas solares que se encuentran interconectadas y dispuestas a unas estructuras de soporte que usa materiales comunes, debiendo posibilitar el agrupamiento e interconexiones de los elementos en forma simple, el arreglo que se llegue hacer dispone del equipo para la orientación del panel conforme a la rotación de la tierra.



**Figura N° 31: Partes de un panel solar**

#### **Las ventajas de usar energía fotovoltaica son**

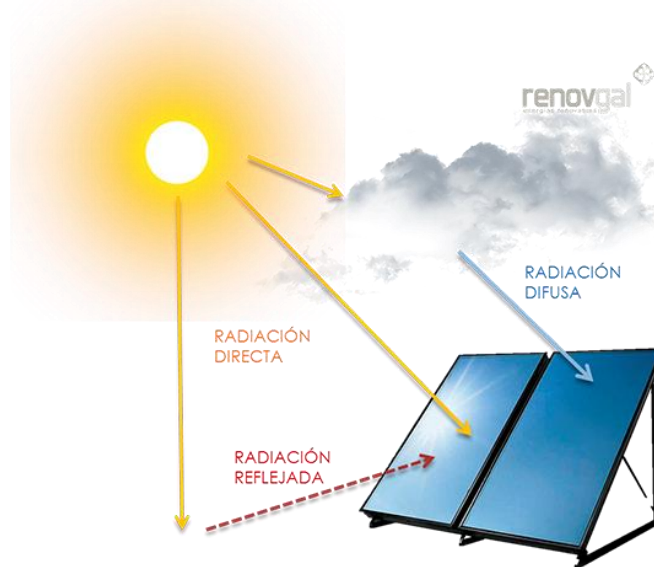
- Nivel de generación de energía desde micro hasta watts.
- No contaminan.
- Son fácil de operar.
- Son de naturaleza molecular, se pueden hacer arreglos serie-paralelo para obtener los valores de corrientes y voltajes deseados.
- Tienen un periodo de vida activo largo.
- No tiene parte móviles.
- Son dispositivos de estado solidos sencillos usados para la conversión de energía.
- Pueden trabajar a la temperatura y presión ambiente.

#### **3.6 La radiación solar que incide sobre la tierra se puede separar en tres tipos**

- ❖ Radiación Directa es la radiación recibida desde el sol hasta la tierra con un ángulo único y preciso sin que esta envíe en su paso por la atmosfera.
- ❖ Radiación Difusa es la radiación que sufre cambios en su dirección principalmente debidos a la reflexión y difusión de la atmosfera.



- ❖ Difusión Albedo es la radiación combinada entre la difusa y directa que recibe por reflexión en el suelo o en otra superficie próxima.



**Figura N° 32: Ejemplo de radiaciones**

Las proporciones de estas radiaciones recibidas por una superficie dependen principalmente de:

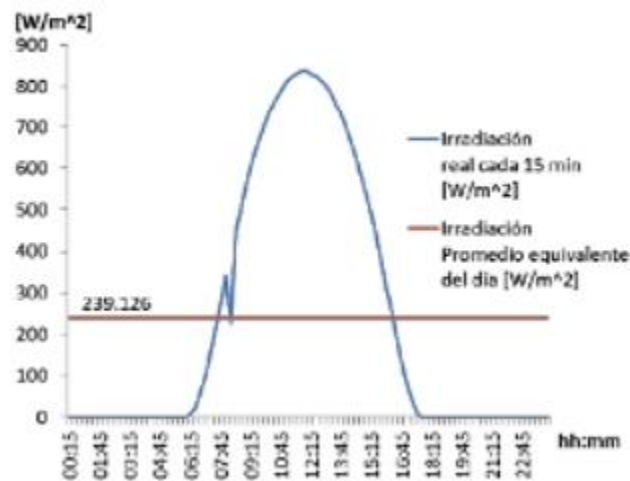
- De las condiciones meteorológicas, si el día se encuentra nublado la radiación es prácticamente dispersa en su totalidad, mientras que en un día despejado puede llegar al 90% de la radiación total.
- De la inclinación de la superficie respecto al plano horizontal, un componente con una superficie horizontal recibe la máxima radiación dispersa, al aumentar la inclinación de la superficie la captación disminuye la componente dispersa y aumenta la componente reflejada.
- De las presencias de las superficies reflejantes: las superficies claras son la más reflejantes, en algunos países esta llega a aumentar con las presencias de nieve disminuye en verano.

Una característica importante a tener en cuenta de los paneles fotovoltaicos es que el voltaje de salida no depende de su tamaño, ya que frente a cambios en los niveles de radiación incidente tiende a mantener una tensión constante de salida.

En cambio, la corriente, es casi directamente proporcional a la radiación solar y al tamaño del panel.

Una forma práctica de aumentar la potencia de salida del panel, consiste en instalar sistemas de seguimiento del sol, con el propósito de mantener lo más perpendicular posible el panel frente al sol, o concentrando la luz solar mediante lentes o espejos. El empleo de concentradores debe estar dentro de ciertos límites, ya que un aumento considerable de la temperatura provoca una reducción del voltaje de salida y por ende una reducción de potencia, no así la corriente, que se mantiene relativamente estable.

A través de estudios realizados se ha determinado que el consumo promedio por el sol en un día soleado es de 5.31 horas al día, representado en la siguiente figura.



**Figura N° 33: Gráfica representativa de horas de producción**

### 3.7 Factores de eficiencia de un panel fotovoltaico

- ❖ **Punto de máxima potencia (Pmp):** corresponde a la máxima potencia que el panel puede entregar, la cual se da cuando el voltaje y la corriente alcanzan sus valores máximos en forma simultánea; donde el vértice sobre la curva, denominado Pmp, representa el valor de máxima potencia. Este valor se consigue de acuerdo a la Ecuación.

$$P_{mp} = V_{mp} \times I_{mp}$$

Punto de Máxima Potencia

- ❖ **Eficiencia en la conversión de energía**

La eficiencia de un panel fotovoltaico, corresponde al porcentaje de energía eléctrica generada en relación a la cantidad de energía luminosa recibida desde el sol, cuando el panel se encuentra conectado a un circuito eléctrico.

$$\mu = \frac{P_{mp}}{E * A_c} = \frac{V_{mp} * I_{mp}}{P_i}$$

Eficiencia de Conversión de Energía para un PFV

Donde:

$\mu$  = Representa a la eficiencia de la conversión de la energía.

$P_{mp}$  = Punto de potencia máxima (W).

$E$  = Nivel de radiación solar en la superficie del panel (W/m<sup>2</sup>), bajo condiciones

$A_c$  = Superficie del panel fotovoltaico (m<sup>2</sup>)

$P_i$  = Potencia Recibida por el panel

#### ❖ Factor de forma (FF)

También se conoce como Fill Factor en inglés y define la eficacia de un panel solar, relacionando el punto de máxima potencia ( $P_m$ ), dividido por el producto entre el voltaje a circuito abierto ( $V_{oc}$ ) y la corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ).

$$FF = \frac{P_{mp}}{V_{oc} * I_{sc}} = \frac{n * A_c * E}{V_{oc} * I_{sc}}$$

Factor de Forma para un PFV

#### ❖ Potencia y Costos

En un día despejado de nubosidad, el Sol irradia cerca de 1 kW/m<sup>2</sup> a la superficie de la Tierra. Teniendo en cuenta que actualmente la eficiencia de un panel fotovoltaico puede estar entre el 12 y 25%, se alcanzaría una producción de energía aproximada de 120 a 250 W/m<sup>2</sup>, dependiendo eso sí de la radiación solar.

A latitudes medias y septentrionales (regiones del norte), de acuerdo a las estaciones del año y las condiciones atmosféricas, en invierno el nivel de radiación promedio en la superficie terrestre es de 100 W/m<sup>2</sup> y 250 W/m<sup>2</sup> en verano. Con paneles de 12% de eficiencia de conversión de la energía, se pueden obtener 12 Watt y 30 Watt respectivamente.

### 3.8 Factores que afectan el rendimiento de un Panel Fotovoltaico

- ❖ Energía de la luz incidente: Para producir el movimiento de los electrones y generar flujo de corriente, es necesario que el nivel de radiación que incide sobre el panel (fotones) posea una cantidad de energía entre ciertos límites. Debido a que la luz incidente tiene distintas longitudes de onda,

cerca del 50% de la radiación recibida no está dentro del margen aceptado por los paneles solares disponibles comercialmente y se pierde, ya sea por poca o demasiada energía. Por otro lado, la corriente es directamente proporcional a la radiación incidente y aceptada por el panel, por lo que un bajo nivel de energía radiante provocará que la corriente generada también sea baja.

- ❖ Reflexión: Este tipo de pérdidas se produce en la superficie del panel, debido a la reflexión de los rayos incidentes. Para disminuir este tipo de pérdidas, en el proceso de fabricación se están utilizando capas antirreflejo y superficies rugosas.
- ❖ Efecto de la Sombra: El efecto de sombras sobre los paneles solares, afecta notoriamente el rendimiento de estos, es por esto que se debe procurar al momento de diseñar una instalación fotovoltaica, situar los paneles en lugares donde no sufran este tipo de interferencias. Este efecto es más notorio en instalaciones de paneles conectados en serie, ya que si un panel es sombreado no generará los mismos niveles de energía que los que se encuentran descubiertos, por lo cual consumirá energía, en vez de generarla.
- ❖ Efecto de la orientación e inclinación: Los paneles solares trabajarán en forma óptima cuando su orientación sea directa hacia el sol, es decir, que el panel se sitúe perpendicularmente hacia el sol. En instalaciones fijas, es imposible mantener el panel perpendicular al sol, por lo cual, el sistema se debe diseñar de tal forma que su instalación permita aprovechar la mayor cantidad de luz posible y en los periodos de mayor radiación.
- ❖ Efecto de la Temperatura: La temperatura es un parámetro que afecta directamente la generación de energía en un panel fotovoltaico. Al aumentar la temperatura, la corriente también tiende a aumentar, pero el voltaje cae notablemente, lo que provoca una disminución de la potencia entregada por el panel, en cambio, al disminuir la temperatura el voltaje tiende a aumentar, pero la corriente disminuye, aumentando en una fracción el nivel de potencia entregada. Se estima que la potencia nominal se reduce aproximadamente un 0.5% por cada grado por sobre de 25 °C.

### **3.8.1 Evaluación de la inversión**

Se debe calcular la inversión inicial en donde los paneles y los inversores de este tipo de sistema son los que más influyen en aumentar los costos, se debe tomar en cuenta la vida útil de los componentes, para los paneles excede los 20 años, para los inversores se asume de 15 años, para el cableado se toman 20 años, y los demás componentes en general se les define una vida útil de 20 años.

Se debe tomar en cuenta que esta vida útil puede reducirse considerablemente si se hace un diseño incorrecto, lo cual obligaría a trabajar a los componentes fuera de su rango óptimo de operación, también se debe tomar en cuenta las condiciones climatológicas, ya que la exposición a condiciones extremas puede causar un mayor deterioro o funcionamiento incorrecto.

### **3.9 Recurso Solar Disponible**

El Sol es una masa de materia gaseosa caliente que irradia a una temperatura efectiva de unos 6000 °C y se encuentra a una distancia de 149, 490,000 Kilómetros de la tierra. El principal integrante del sistema solar puede satisfacer muchas de nuestras necesidades si aprendemos a utilizar racionalmente su energía. Es la principal fuente de energía en nuestro planeta.

Nicaragua es uno de los países de Centroamérica que tiene una alta disponibilidad de radiaciones solares. Durante un año en Nicaragua, el sol emite en superficie horizontal un promedio de 1,742 KWh de energía. Esto permite que Nicaragua posea una buena radiación solar durante el día. Esto conlleva a que tenga una gran ventaja natural, que sirve como fortaleza para la generación de la energía eléctrica.

Es la madre de casi todas las energías renovables del planeta, a excepción de la geotérmica, ya sea directa o indirectamente. La fuente energética solar es gratuita y representa en la escala humana de tiempos una fuente energética del todo renovable, inagotable y permanente. Lo que es una ventaja enorme frente a la agotabilidad calculada en el corto plazo del carbón, del petróleo y sus derivados.

El impacto ambiental de utilizar el Sol es altamente positivo, el Sol es una energía limpia, con emisiones nulas que, como sustituto de los combustibles tradicionales, elimina todas las secuelas de sus impactos ambientales. No hay emisión de CO<sub>2</sub>, no se produce deterioro de cuencas, no hay lluvia ácida, no hay pérdidas de la biodiversidad, etc. No produce ninguna forma de contaminación.

Para analizar el recurso solar se toman los datos generados por un estudio realizado por el departamento Eólico-Solar del Ministerio de Energía y Minas, para realizar calculos estimados acerca de estudios solares en Nicaragua, detalles tabla N° 02.

## Estudios solares en Nicaragua

Energia en Kwh que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio del mes														
No	Lugar	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
1	San Carlos	4.3	4.95	5.7	5.50	4.975	4.3	3.85	4.2	4.4	4.3	4.1	3.8	4.53
2	El Rama	4.0	4.95	5.7	5.70	4.975	4.4	3.85	4.2	4.4	4.3	4.1	3.8	4.53
3	Villa Sandino	4.6	4.95	5.7	5.85	5.050	4.5	3.85	4.2	4.8	4.7	4.5	4.1	4.72
4	Juigalpa	4.9	5.25	6.0	5.85	5.200	4.7	4.55	4.8	5.0	4.9	4.7	4.4	5.02
5	Rivas	5.5	6.15	6.6	6.15	5.350	4.9	4.90	5.0	5.0	4.9	4.7	4.7	5.31
6	Masatepe	5.5	5.85	6.3	6.15	5.350	5.0	4.90	5.2	5.2	4.9	4.7	4.7	5.31
7	Managua	5.2	5.85	6.3	6.15	5.425	5.0	4.90	5.4	5.2	4.9	4.7	4.7	5.31
8	Nagarote	5.2	5.85	6.3	6.00	5.350	5.1	5.25	5.4	5.0	4.9	4.7	4.7	5.31
9	Chinandega	5.2	5.85	6.3	5.85	5.350	5.1	5.25	5.4	4.8	5.0	4.7	4.7	5.29
10	Ocotital	4.6	5.25	5.7	5.85	5.275	5.2	4.90	5.4	5.2	4.9	4.5	4.4	5.10
11	Jinotepe	4.9	5.25	6.0	5.85	5.275	5.0	4.90	5.4	5.2	4.9	4.7	4.7	5.17
12	Muy muy	4.6	5.25	6.0	5.70	5.125	4.7	4.55	5.0	5.0	4.7	4.5	4.4	4.98
13	Siuna	4.0	4.65	5.1	5.40	4.975	4.4	3.85	4.2	4.2	4.1	3.9	3.8	4.38
14	Puerto Cabezas	3.7	4.65	5.1	5.55	4.900	4.4	4.20	4.4	4.4	4.1	3.9	3.8	4.43
15	Bluefields	4.0	4.95	5.7	5.85	5.050	4.4	4.20	4.4	4.4	4.3	4.1	3.8	4.60
16	Granada	5.2	5.85	6.3	6.15	5.350	4.8	4.90	5.2	5.2	4.9	4.7	4.7	5.27
17	Malacatoya	4.9	5.55	6.3	6.00	5.350	4.8	4.90	5.2	5.2	4.9	4.7	4.7	5.21
18	Morrito	4.6	5.25	6.0	5.85	5.200	4.5	4.20	4.4	4.8	4.7	4.5	4.1	4.84
19	Cardenas	5.2	5.85	6.6	6.15	5.275	4.7	4.90	4.8	4.8	4.7	4.5	4.7	5.16
20	Punta Gorda	4.0	4.95	5.7	5.85	5.050	4.3	4.20	4.4	4.4	4.3	4.1	3.8	4.59
21	Marshall Point	4.0	4.95	5.7	5.70	5.050	4.4	4.20	4.4	4.4	4.1	3.9	3.8	4.55
22	Puerto Isabel	4.0	4.65	5.4	5.55	5.050	4.4	4.20	4.4	4.4	4.1	3.9	3.8	4.49
23	Sunday Bay	3.7	4.65	5.1	5.55	4.975	4.4	4.20	4.4	4.4	4.1	3.9	3.8	4.43
24	Atlantico interior	4.0	4.65	5.4	5.55	5.050	4.4	3.85	4.2	4.2	4.1	3.9	3.8	4.43
25	Tungle	4.0	4.65	5.4	5.55	5.050	4.4	3.85	4.2	4.2	4.1	3.9	3.8	4.43
26	Tasba Raya	3.7	4.65	5.1	5.55	4.975	4.4	4.20	4.4	4.4	4.1	3.7	3.8	4.42

Fuente: Departamento Eólico-Solar-Ministerio de Energía y Minas

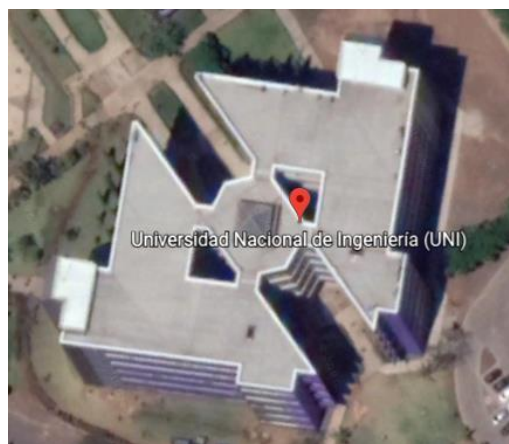
**Tabla N° 02: Horas promedio de Generación solar Nicaragua.**

### 3.10 Descripción General del Sistema fotovoltaico

Para poder dimensionar de manera correcta un sistema de generación de electricidad es esencial conocer el sitio en donde se ubicará la instalación, sus particularidades y dependiendo de la aplicación requerida será necesario conocer ciertos parámetros iniciales.

#### Generalidades del Edificio

El Recinto Universitario “Simón Bolívar” – Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) se encuentra ubicado en el Departamento de Managua, capital de la Republica de Nicaragua. En este centro de formación asiste un promedio aproximado de 5,400 estudiantes recibiendo clases en diferentes carreras.



**Figura N° 34: Imagen aérea de Edificio R.L.P**

Por datos obtenidos a través del software de SMA Sunny Design se registra que

- Localidad: Managua, Nicaragua
- Latitud: 12.07°
- Temperatura mínima: 19°C
- Temperatura de diseño es de 31°C
- Temperatura máxima es de 38°C
- Inclinación de captadores: 12°
- Orientación de captadores: Sur
- Área disponible para la colocación de captadores: m2

La eficiencia de conversión de la radiación solar en energía eléctrica es el punto más crítico para la industria fotovoltaica, resultando ser un aspecto de competitividad, pues al aumentar la eficiencia por unidad de área, se genera la misma cantidad de KWh en una menor superficie. Además de esto, el rendimiento en sitio depende, entre muchos otros factores, de la temperatura ambiente y de la velocidad del viento.

Tecnología	Eficiencia
Silicio Monocristalino	14%
Silicio Multicristalino	14%
Cd `te	11%
Silicio Amorfo	6%
CIGS`	11%

**Figura N° 35: Eficiencia energética de los paneles fotovoltaico**

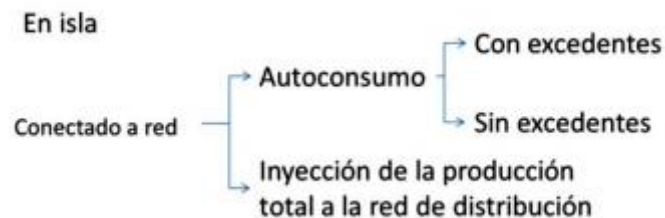
Existen muchas configuraciones que se han concebido a fin de adaptarse a la aplicación específica en el lugar disponible para la ubicación de un proyecto fotovoltaico, pero, son tres configuraciones las más difundidas:



**Figura N° 36: Diferentes tipos de montajes de paneles Fotovoltaicos**

### 3.10.1 Conexión con la Red de Distribución

Al conocer el lugar del montaje se puede definir la forma en la que se interconectará con la red eléctrica más cercana al proyecto. Esta conexión puede dividirse de la siguiente manera:



#### **Autoconsumo**

Para poder dimensionar un sistema fotovoltaico a fin de utilizar la energía producida para el autoconsumo, se debe conocer inicialmente la demanda a satisfacer. Adicionalmente se podría tener una idea aproximada del comportamiento diario de la curva de la demanda, ya sea si es un edificio de oficinas diurno o nocturno, una industria, una casa de habitación, etc.

Existen empresas especializadas en elaborar estudios con instrumentos que recogen la información detallada sobre el consumo de electricidad de un área específica. Para poder comparar la producción de electricidad de un sistema Fotovoltaico (FV) y la demanda a suplir, se debe concluir realizando la inspección de las instalaciones a las que se entregará el suministro, conocer niveles o áreas.



### 3.11 Diseño Metodológico del Estudio

Es necesario dimensionar la demanda energética del edificio Rigoberto López Pérez, ya que será a partir de este dato, que se realizarán los cálculos del sistema fotovoltaico.

Se pretende diseñar una instalación con las siguientes características:

- **Modularidad de la instalación:** Con esto se pretende aumentar la fiabilidad de la planta y reducir las pérdidas en caso de averías o mantenimientos. Esto se traducirá, entre otras cosas, en que la instalación estará compuesta por ramas independientes.
- **Cumplir los parámetros de entrada a los inversores:** optimizando su uso: Esto se conseguirá diseñando una configuración serie de los paneles de manera que se cumplan las restricciones de tensión, corriente y potencia de los inversores.
- **Ramas equilibradas entre sí:** En la medida de lo posible para obtener un funcionamiento más equilibrado de la instalación se procurará que todas las ramas tengan el mismo número de paneles.

### Pérdidas

Debido a la transformación de energía solar a energía eléctrica sólo un porcentaje de la energía luminosa se convertirá en energía eléctrica, de la cual sólo una parte de esta podrá ser utilizada en la aplicación final, esta disminución es consecuencia de la transformación de un tipo de energía en otro.

Se deberán estimar las pérdidas del sistema y agregarlas a la parte generadora, a fin de no perder el balance entre generación y consumo.

En los diseños de sistemas fotovoltaicos debido a estas pérdidas generadas por la conversión de corrientes se puede asumir una eficiencia del 80% de la potencia nominal del panel solar.

Por ejemplo

Un panel de 250 Wp se multiplicaría por 0.8%

200Wp

200Wp, representa la potencia que estaría generando el panel solar.

## **Configuración**

La conexión en serie de un grupo determinado de módulos, se denomina serie o string. Estas ramas se conectan directamente a los inversores. El cableado empleado para dichas conexiones debe estar dimensionado para reducir al máximo la caída de tensión.

El cálculo del número de módulos que se conectan en serie, está determinado por el rango de tensiones de funcionamiento en máxima potencia del inversor, por lo tanto, al conectar en serie los módulos, se irán sumando las tensiones de los mismos hasta entrar dentro de los rangos adecuados.

El dimensionamiento del generador fotovoltaico viene determinado por la potencia de la instalación que se desea alimentar, el tipo de modulo fotovoltaico a emplear y la forma como se va a colocar para obtener el máximo rendimiento en función de la ubicación.

Los equipos que se requieren alimentar utilizan corriente alterna por lo que se necesita un inversor. Otros elementos importantes en un sistema fotovoltaico son los interruptores termo-magnéticos (breakers) de todos los circuitos de corriente, los dispositivos protectores contra picos de corriente, fusibles, conductores, pozos de tierra, protectores de línea, barra maestra, pararrayos y estructuras de soporte.

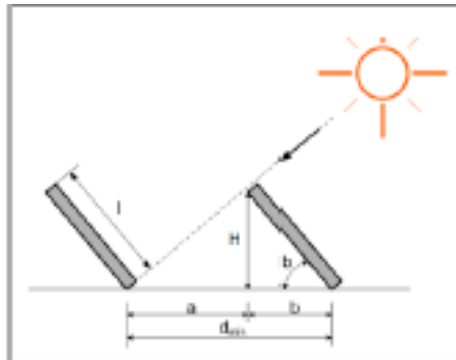
## **Cableado**

Es básicos en el sistema, un correcto diseño nos permite la reducción de pérdidas por calor. Es importante recordar que el régimen de carga (Watts) está directamente relacionado con la corriente la cual disminuye cuando el voltaje del sistema aumenta. Para instalaciones fotovoltaicas el voltaje más popular es 12 V. Actualmente se tienen la tendencia de 120 V con lo que los sistemas trabajan a voltajes entre el rango de 48 V y 500 V en algunos casos.

## **Orientación**

En este caso lo mejor es orientación de los huecos acristalados al sur en el Hemisferio Norte, o al norte en el Hemisferio Sur, para captar más radiación solar, en zonas cálidas con temperaturas promedio superiores a los 25°C, es mejor colocar los acristalamientos en el sentido opuesto, de esta forma en el Verano, sólo será irradiada por el Sol en los primeros instantes del alba y en los últimos momentos del ocaso, y en el Invierno el Sol nunca bañará esta fachada, reduciendo el flujo calorífico al mínimo.

Por lo tanto, la mejor orientación de los huecos acristalados es al sur en el hemisferio Norte con un ángulo de inclinación de  $12^{\circ}$  a  $17^{\circ}$  con respecto a la posición del sol.



**Figura N° 37: Esquema de inclinación del panel**

### **3.11.1 Obstáculos en la generación fotovoltaicas**

Un fenómeno muy importante a mencionar es la sombra. Los paneles solares son muy sensitivos a la sombra, la leve sombra de un árbol por ejemplo hará que la corriente decaiga rápidamente, el voltaje también decaerá, pero no tanto como la corriente. Cuando una celda fotovoltaica o una porción de la misma son cubiertas por cualquier sombra, esta celda es una carga para el panel solar, consumiendo así energía en vez de producirla.

El lugar de instalación de los módulos fotovoltaicos es decir cuando están instalados a una altura marginal al suelo, es donde ellos con mayor frecuencia capturan o almacenan polvo llevado a través del viento y en casos con el goteo de la lluvia.

### **3.11.2 Mantenimiento de paneles Fotovoltaico**

Los paneles fotovoltaicos generalmente no requieren de mantenimiento, pero se debe tener presente que la superficie del panel esté siempre limpia y libre de sombras (árboles u otro obstáculo que impida la incidencia directa de la luz sobre el panel).

El cableado del sistema se debe mantener en perfectas condiciones, a fin de evitar sobrecalentamiento de los conductores, para lo cual es recomendable realizar inspecciones periódicas.

### **3.12 La instalación eléctrica de baja tensión estará compuesta por:**

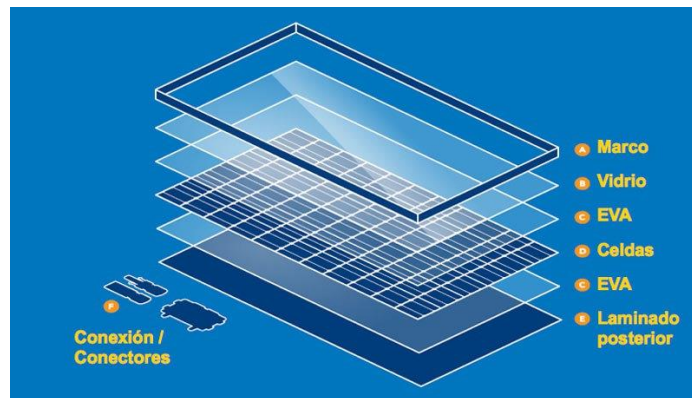
1. Módulos fotovoltaicos
2. Inversores
3. Estructura

4. Protección
5. Transformador seco

A continuación, se describen los aspectos técnicos de diseño y necesarios para la ejecución de la instalación eléctrica de baja tensión de cada uno de los componentes.

### Módulos fotovoltaicos

El módulo propuesto es monocristalino y está caracterizado por las curvas de rendimiento, las cuales están en función de la intensidad y la tensión de los mismos, se identifica el punto de máxima potencia, según condiciones estándares de funcionamiento, AM 1.5, 1000 W/m<sup>2</sup> y 25°C. Los módulos están preparados para soportar temperaturas extremas, propias de zonas como el mar.



**Figura 38: Módulos fotovoltaicos**

### Inversor de carga

La electricidad que proporciona el sistema paneles-acumulador es continua, y se extrae a una tensión determinada, lo cual no siempre coincide con las exigencias de los equipos de consumo. Un convertidor de corriente continua a alterna (las siglas en inglés (DC/AC), permite alimentar equipos que funcionen con corriente alterna. Si fuese necesario también se pueden usar convertidores continua - continua (en inglés, DC/DC) que transformen la tensión continua de las baterías en tensión de alimentación también continua, pero de distinto valor.

En términos generales la eficiencia del inversor se define como la relación entre la potencia DC entregada por el arreglo fotovoltaico (FV) y la potencia AC entregada por el inversor a su salida

$$N = \frac{P_{AC}}{P_{DC}}$$

## Donde

$N$ = Eficiencia

$P_{AC}$ = Potencia AC

$P_{DC}$ = Potencia DC

## Estructura de Soporte

Los módulos fotovoltaicos se colocarán sobre una estructura metálica que constituye el soporte de los mismos. Dicha estructura está conformada por una sola mesa de módulos, los mismos van en posición horizontal, con inclinación de aproximadamente 12°. La distancia libre entre filas

- ✓ Accesorios de fijación de acero galvanizado en caliente
- ✓ Elementos de conexión galvanizado en caliente.
- ✓ Postes metálicos de sección C galvanizado enterrado aproximadamente
- ✓ Distancia del suelo a los módulos



**Figura 39: Estructura de soporte de paneles fotovoltaicos**

## Capítulo IV: Estudio Técnico

Lo primero que debemos conocer es dónde se aplicará el estudio. Debemos conocer el edificio, su posición geográfica y su orientación, así como identificar las diferentes actividades que se van a desarrollar en sus locales. Es importante conocer los horarios, los periodos de ausencia, la edad de los usuarios, etc. Con ello podremos elegir las luminarias más adecuadas.

Para ello, se realizó un levantamiento físico del sitio en estudio, lo que nos permite determinar las cantidades, potencia, luxes, tipo y modelos de luminarias utilizadas. Así mismo se realizaron mediciones, las que apoyan los cálculos y el mismo levantamiento.

#### 4.1 Etapas del Estudio Técnico

El estudio técnico es un proceso que se maneja por etapas, a continuación, se listan las etapas con sus respectivas actividades.

##### **Etapas 1:**

1. Mediciones en cada uno de los ambientes del edificio.
2. Levantamientos
3. Determinar consumo de energía eléctrica del sótano del edificio RLP.
4. Comparaciones con tablas normalizadas de sistema de iluminación

##### **Etapas 2:**

2. Propuestas de mejoras para el sistema de iluminación del edificio RLP
3. Cálculos requeridos para el sistema solar fotovoltaico a proponer
4. Características de equipos a proponer
5. Cotizar equipos a proponer
6. Evaluación económica

##### **Etapas 3:**

1. Resumen de diseño

#### **Etapas 1**

En esta sección se desarrollará todo el aspecto de campo, por lo que es importante mencionar que lo primero que se realiza para el estudio de iluminación del edificio es la identificación de las áreas y ambientes a evaluar para, de esta manera, determinar las cantidades de luminarias, modelo de las mismas, la potencia, el Flujo Luminoso de cada lámpara (lúmenes) y el nivel de iluminación promedio (luxes) en ese lugar específico.

#### **Mediciones de los niveles de iluminación:**

A continuación, se describe el proceso que se ha realizado para afrontar el estudio del sistema de iluminación del edificio R.L.P.

- a) Mediciones de la iluminancia (E, en lux): se realizaron 12 mediciones en puntos diferentes de cada ambiente y en ambientes pequeños 6 mediciones, así, por ejemplo:

$$\text{cuarto de servicios} = 120\text{Lx}, 130\text{Lx}, 125\text{Lx} + 122\text{Lx} + 129\text{Lx} + 124\text{Lx}$$

- b) Una vez realizadas las mediciones se efectuó el cálculo de luxes promedios tomando en cuenta las medidas realizadas en el área de interés.

$$E_{promedio} = \frac{\text{Sumatoria de Mediciones}}{\text{Número de puntos Medidos}}$$

$$E_{promedio} = \frac{750Lx}{6} = 125Lx.$$

- c) Se indagó sobre las actividades que se llevan a cabo en cada ambiente (edificio de oficinas, pasillos, aulas, baños, etc.) para posteriormente realizar la comparación de los lux existen (medidos) en campo, con los establecidos en la Norma de referencia N.O.M.
- d) Obtención de información en catálogos de luminarias instaladas en los diferentes ambientes del edificio.
- e) Cálculos en ordenador utilizando el software RELUX.

### **Levantamiento o censo de carga:**

Para ello se hace un recorrido por cada área y ambiente para contabilizar e identificar los tipos de luminaria, potencia de las mismas y cantidades del sistema de iluminación actual, el que cuenta con las siguientes fuentes luminosas

- ❖ Luminaria de 3\*32 Watts
- ❖ Luminarias de 2\*32 Watts
- ❖ Spots Light o bien llamados ojos de buey de 2\*26W
- ❖ Luminarias Superficiales modelo 200.
- ❖ Lámparas fluorescentes T8 de 32 Watts
- ❖ Bombillo de modelo PL 26 Watts

En la siguiente tabla (**Tabla N° 03**) se presentan los resultados de cálculos realizados mediante datos medidos por cada una de las áreas, los modelos, cantidades, consumos de luminarias del sótano, además de los niveles de iluminación promedio en las diferentes ambientes y también las cargas instaladas.

**Niveles de Iluminación Promedio de los ambientes del sótano del Edificio  
R.L.P. Medidos con Luxómetro.**

Area o Ambiente	Cant. De Luminarias	Descripcion de Luminaria	Potencia (Watts)	Nivel de Iluminación promedio
<b>Ala "B"</b>				
Cuarto de Servicio	1	Ojo de Buey, 2 Bombillos	52.00	125.00
Oficina	4	Lum. 3*32W	384.00	363.75
Salon de Teatro	9	Lum. 3*32W	864.00	214.17
Salon de Danza	19	Lum. 3*32W	1,824.00	279.00
Bodega Salon de Baile	6	Lum. 3*32W	576.00	315.83
Escalera Sótano	13	7 Ojos de Buey, 6 Lum. 2*32W	748.00	152.50
Oficina NIC.ni	10	Lum. 3*32W	960.00	516.67
Sala de Reunión NIC.ni	2	Lum. 3*32W	128.00	256.67
Bodega Nic.ni	6	Lum. 3*32W	576.00	356.25
Centro de Datos NIC.ni	4	Lum. 3*32W	384.00	393.67
Cafeteria Nic.ni	2	Ojos de Buey	104.00	125.00
Bodega Nic.ni	2	Ojos de Buey	104.00	285.00
Cuarto de Servicio	1	Ojo de Buey, 2 Bombillos	52.00	125.00
Oficina #1	6	Lum. 3*32W	576.00	270.00
Oficina #3	1	Lum. 3*32W	96.00	192.25
Oficina #5	4	Lum. 3*32W	384.00	284.17
Pasillo	27	Ojos de Buey, 1 Lum 3*32	1,448.00	84.60
<b>Potencia Ala "B"</b>			<b>9,260.00</b>	
<b>Ala "A"</b>				
Escalera sotano	12	8 Ojos de Buey, 4 Lum 2*32W	672.00	150.83
Pasillo	26	Ojos de Buey	1,352.00	90.60
Oficina Responsable de Mantenimiento	4	Ojos de Buey	208.00	72.00
THIS IS CS50X.ni	9	Lum 3*32W	864.00	361.50
Laboratorio CS50 .1	9	Lum 3*32W	864.00	273.17
Laboratorio de Monografia y Proyecto	9	Lum 3*32W	864.00	440.83
Laboratorio Taller Eléctrico FEC	9	Lum 3*32W	864.00	482.33
Laboratorio Informatica FEC	9	Lum 3*32W	864.00	451.67
Sistema de Informacion Humano	5	Ojo de Buey, 2 Bombillos	260.00	142.75
Cuarto Eléctrico A	12	4 Lum Superf. 2*32W, 8 Ojos de Buey	672.00	152.57
Cuarto Claro	1	Lum Superf. 2*32W	64.00	146.00
Cuarto Movistar	2	Ojos de Buey 2*26W	104.00	110.67
Laboratorio General	9	6 Lum 3*32W, 3 Ojos de Buey 2*26W	732.00	400.00
<b>Potencia Ala "A"</b>			<b>8,384.00</b>	
<b>Total de Watts</b>			<b>17,644.00</b>	

**Tabla N° 03 Fuente: Propia.**



Al realizar las mediciones en las áreas de estudio con el luxómetro, se determinó un promedio de los resultados medidos, calculando la cantidad de watts promedio del Ala “A” y Ala “B” y, a su vez el total de watts obtenidos como resultados de los datos mostrados en tabla anterior.

De las Tablas # 03 y # 06 se puede deducir que la mayoría de los ambientes cumplen con los niveles de iluminación de la N.O.M. (de acuerdo a los cálculos realizados con el RELUX), a excepción en el área de Oficina Nic.ni, donde los niveles de iluminación medidos son inferiores a los de diseño, debido principalmente a la suciedad y a la incorporación de diferentes componentes de las luminarias y la degradación de las lámparas.

#### **Bloque de carga:**

Son los circuitos de entrada y alimentación dentro de la edificación. La caja de fusibles (Centro de carga) nos permite dividir la carga total en circuitos separados lo cual posibilita el uso de cables de menor calibre, facilitando la instalación y el mantenimiento.

En la **Tabla N° 04**, se presenta la carga por cada uno de los niveles y la carga total en iluminación del edificio R.L.P.

<b>Potencia Total en Iluminación por Plantas del Edificio Rigiberto López Pérez 2018</b>		
<b>Areas</b>	<b>U/Medida</b>	<b>Potencia</b>
Sótano	Watts	17,644.00
Planta I	Watts	18,872.00
Planta II	Watts	18,872.00
Planta III	Watts	19,256.00
Planta IV	Watts	18,488.00
Planta V	Watts	17,152.00
	<b>Total Watts</b>	<b>110,284.00</b>
	<b>Total KW</b>	<b>110.28</b>

**Tabla N° 04 Fuente: propia.**

El sistema de iluminación de las diferentes áreas de trabajo del sótano del edificio R.L.P, posee una carga instalada de 17.644 KW, los cuales son detallados en **Tabla N° 04** anterior.

## 4.2 Comparación con tablas normalizadas

La Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-1994 define que los niveles mínimos de iluminancia son: los siguientes, detalles en la **Tabla N° 05**.

### Niveles mínimos de Iluminación en los diferentes ambientes

Tipo de Interior, Tarea y Actividad	Em (Lx)	Observaciones
Aulas o salones de clases.	400.00	Especialmente en los laboratorios se asumen nivel de iluminación en general ya sea centro de computo, laboratorio de computación o laboratorios de analogica.
Oficinas de Trabajos regulares	600.00	
Sala de conferencia y reuniones	600.00	
Laboratorios Generales	600.00	
Baños en General	100.00	
pasillos y escaleras	100.00	
Cuarto de Servicios	100.00	
Cafeteria	200.00	
bodegas Generales	200.00	

**Tabla N° 05, Fuente NOM 25 STPS-1994.**

En la tabla # 4 se presentan los valores mínimos de niveles de iluminación del sótano del edificio R.L.P de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana N.O.M.

Para poder comparar los niveles de iluminación actuales medidos con luxómetros versus los niveles de diseño es necesario realizar los cálculos con el programa RELUX los valores obtenidos se muestran en la Tabla **N° 06**.

**Niveles de Iluminación Promedios del sótano del Edificio R.L.P. Calculados con programa RELUX.**

Area o Ambiente	Cant. De Luminarias	Descripcion de Luminaria	Potencia (Watts)	Nivel de Iluminación de Diseño
Ala "B"				
Cuarto de Servicio	1	Ojo de Buey, 2 Bombillos	52.00	102.00
Oficina	4	Lum. 3*32W	384.00	457.00
Salon de Teatro	9	Lum. 3*32W	864.00	630.00
Salon de Danza	19	Lum. 3*32W	1,824.00	582.00
Bodega Salon de Baile	6	Lum. 3*32W	576.00	493.00
Escalera Sótano	13	7 Ojos de Buey, 6 Lum. 2*32W	748.00	200.00
Oficina NIC.ni	10	Lum. 3*32W	960.00	419.00
Sala de Reunión NIC.ni	2	Lum. 3*32W	128.00	250.00
Bodega Nic.ni	6	Lum. 3*32W	576.00	318.00
Centro de Datos NIC.ni	4	Lum. 3*32W	384.00	457.00
Cafeteria Nic.ni	2	Ojos de Buey	104.00	175.00
Bodega Nic.ni	2	Ojos de Buey	104.00	175.00
Cuarto de Servicio	1	Ojo de Buey, 2 Bombillos	52.00	102.00
Oficina #1	6	Lum. 3*32W	576.00	457.00
Oficina #3	1	Lum. 3*32W	96.00	457.00
Oficina #5	4	Lum. 3*32W	384.00	457.00
Pasillo	27	Ojos de Buey, 1 Lum 3*32	1,448.00	120.00
	Potencia Ala "B"		9,260.00	
Ala "A"				
Escalera sotano	12	8 Ojos de Buey, 4 Lum 2*32W	672.00	200.00
Pasillo	26	Ojos de Buey	1,352.00	120.00
Oficina Responsable de Mantenimiento	4	Ojos de Buey	208.00	236.00
THIS IS CS50X.ni	9	Lum 3*32W	864.00	630.00
Laboratorio CS50 .1	9	Lum 3*32W	864.00	630.00
Laboratorio de Monografia y Proyecto	9	Lum 3*32W	864.00	630.00
Laboratorio Taller Eléctrico FEC	9	Lum 3*32W	864.00	630.00
Laboratorio Informatica FEC	9	Lum 3*32W	864.00	630.00
Sistema de Informacion Humano	5	Ojo de Buey, 2 Bombillos	260.00	330.00
Cuarto Eléctrico A	12	4 Lum Superf. 2*32W, 8 Ojos de Buey	672.00	425.00
Cuarto Claro	1	Lum Superf. 2*32W	64.00	150.00
Cuarto Movistar	2	Ojos de Buey 2*26W	104.00	218.00
Laboratorio General	9	6 Lum 3*32W, 3 Ojos de Buey 2*26W	732.00	630.00
	Potencia Ala "A"		8,384.00	
	PotenciaTotal		17,644.00	

**Tabla N° 06, Fuente propia**

**Tabla comparativa de los niveles de iluminación del sótano, calculados con Programa RELUX, Medidos con luxómetro Vs la N.O.M. Detalles Tabla N° 07**

Area o Ambiente	Nivel de Iluminación de Diseño calculados "RELUX"	Nivel de Iluminacion reales o Medidos	Nivel de Ilum según Norma Mexicana (N.O.M)
<b>Ala "B"</b>			
Cuarto de Servicio	102.00	125.00	100.00
Oficina	457.00	363.75	600.00
Salon de Teatro	630.00	214.17	600.00
Salon de Danza	582.00	279.00	600.00
Bodega Salon de Baile	493.00	315.83	200.00
Escalera Sótano	200.00	152.50	100.00
Oficina NIC.ni	419.00	516.67	600.00
Sala de Reunión NIC.ni	250.00	256.67	400.00
Bodega Nic.ni	318.00	356.25	200.00
Centro de Datos NIC.ni	457.00	393.67	600.00
Cafeteria Nic.ni	175.00	125.00	200.00
Bodega Nic.ni	175.00	285.00	200.00
Cuarto de Servicio	102.00	125.00	100.00
Oficina #1	457.00	270.00	600.00
Oficina #3	457.00	192.25	600.00
Oficina #5	457.00	284.17	600.00
Pasillo	120.00	84.60	100.00
<b>Ala "A"</b>			
Escalera sotano	200.00	150.83	100.00
Pasillo	120.00	90.60	100.00
Oficina Responsable de Mantenimiento	236.00	72.00	600.00
THIS IS CS50X.ni	630.00	361.50	600.00
Laboratorio CS50 .1	630.00	273.17	600.00
Laboratorio de Monografia y Proyecto	630.00	440.83	600.00
Laboratorio Taller Eléctrico FEC	630.00	482.33	600.00
Laboratorio Informatica	630.00	451.67	600.00
Sistema de Informacion Humano	330.00	142.75	600.00
Cuarto Eléctrico A	425.00	152.57	200.00
Cuarto Claro	150.00	146.00	200.00
Cuarto Movistar	218.00	110.67	200.00
Laboratorio General	630.00	400.00	600.00

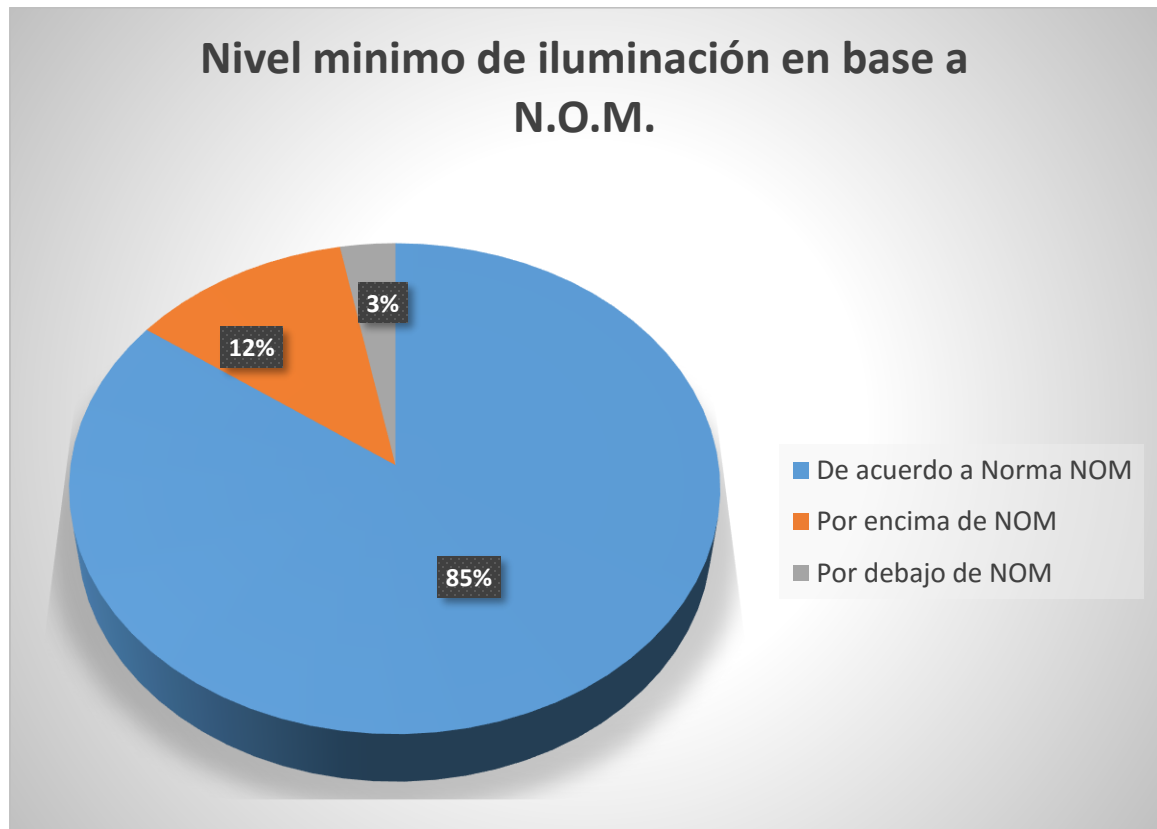
**Tabla N° 07, Fuente Propia**

En la **Tabla # 07** se muestran los niveles de iluminación de diseño calculados con el programa RELUX, los niveles reales o (medidos con el luxómetro) Vs los niveles mínimos de iluminación con la Norma de referencia (N.O.M).

Luego de realizar la evaluación de los niveles de iluminación a través del programa RELUX en cada una de las áreas del sótano del edificio R.L.P, se logró determinar que más del 85% de los ambientes cumplen con la Norma Oficial Mexicana (NOM) detalles en la figura N° 40.

Solo un 12% analizado de las áreas evaluadas cuentan con un nivel de iluminancia superior al nivel mínimo dentro del rango de la N.O.M.

Cerca del 3% de los ambientes no cumple con el nivel de iluminación mínimo de la Norma Oficial Mexicana, esto debido al estado en que se encuentran las luminarias ya sea por suciedad, falta de mantenimiento y en algunos casos las luminarias tienen lámparas en mal estado o carecen de ellas.



**Figura N° 40 Porcentajes de los niveles de iluminación del Sótano del Edificio R.L.P, conforme a Norma de Referencias (NOM).**

### **Otros Aspectos:**

Existe en el sistema de iluminación la presencia de lámparas en mal estado, principalmente en los pasillos del sótano, con tubos o bombillas incompletos, lo que genera una disminución del nivel de iluminación con respecto al cálculo de diseño. Además, no existe un plan de mantenimiento claramente definido para el sistema de iluminación en general, ni se lleva un control que permita establecer el ciclo de falla de los elementos que lo conforman y con base a ello realizar un seguimiento que conlleve a la optimización del mismo.

En cuanto a la luz natural, el diseño arquitectónico del edificio permite un aprovechamiento de iluminación natural, desde la primera planta hasta la quinta planta, por lo que se puede reducir aún más el consumo de energía durante el día.

### **4.3 Determinación del consumo de Energía Eléctrica:**

Una vez que se conoce la carga de cada área y/o ambiente, se necesita conocer el número de horas que las luminarias son utilizadas, para de esta manera poder determinar el consumo del sistema de iluminación del sótano, detalles en la **Tabla N° 08**.

### Consumo actual en KWh/día del Sótano del edificio R.L.P

Area o Ambiente	Numeros de Luminarias	Potencia con lum actuales (Watts)	Uso Diario en horas	Consumo diario en KWh/dia
<b>Ala A Sótano</b>				
Escalera sotano	12	672.00	13	8.74
Pasillo	26	1,352.00	13	17.58
Oficina Responsable de Mantenimiento	4	208.00	13	2.70
THIS IS CS50X.ni	9	864.00	13	11.23
Laboratorio CS50 .1	9	864.00	13	11.23
Laboratorio de Monografia y Proyecto	9	864.00	13	11.23
Laboratorio Taller Eléctrico FEC	9	864.00	13	11.23
Laboratorio Informatica FEC	9	864.00	13	11.23
Sistema de Informacion Humano	5	260.00	13	3.38
Cuarto Eléctrico A	12	672.00	13	8.74
Cuarto Claro	1	64.00	13	0.83
Cuarto Movistar	2	104.00	13	1.35
Laboratorio General	9	732.00	13	9.52
<b>Potencia Ala "A"</b>		<b>8,384.00</b>		
<b>Consumo estimado por dia</b>				<b>108.99</b>
<b>Ala B Sótano</b>				
Cuarto de Servicio	1	52.00	13	0.68
Oficina	4	384.00	13	4.99
Salon de Teatro	9	864.00	13	11.23
Salon de Danza	19	1,824.00	13	23.71
Bodega Salon de Baile	6	576.00	13	7.49
Escalera Sótano	13	748.00	13	9.72
Oficina NIC.ni	10	960.00	13	12.48
Sala de Reunión NIC.ni	2	192.00	13	2.50
Bodega Nic.ni	6	576.00	13	7.49
Centro de Datos NIC.ni	4	384.00	13	4.99
Cafeteria Nic.ni	2	104.00	13	1.35
Bodega Nic.ni	2	104.00	13	1.35
Cuarto de Servicio	1	52.00	13	0.68
Oficina #1	6	576.00	13	7.49
Oficina #3	1	96.00	13	1.25
Oficina #5	4	384.00	13	4.99
Pasillo	27	1,448.00	13	18.82
<b>Potencia Ala "B"</b>		<b>9,324.00</b>		
<b>Consumo estimado por dia</b>				<b>121.21</b>

**Tabla N° 08, fuente propia**

En la Tabla **Nº 08**, se presenta el consumo en kilowatt-hora/día, sin embargo, para un mejor análisis de los resultados se requiere tener la cantidad de energía eléctrica por mes consumida, para ello, a continuación, se realizan los cálculos respectivos:

$$C = CE * Mes$$

Donde:

**C:** Consumo de Energía

**CE:** Consumo Estimado por Ala del Sótano del edificio

Por lo tanto, el consumo estimado en Ala "A" del sótano es

$$C_A = 108.99Kwh * 22dias$$

$$C_A = 2,397.78 Kwh/mes$$

El consumo estimado en el Ala "B" del sótano es

$$C_B = 121.21Kwh * 22dias$$

$$C_B = 2,666.62 Kwh/mes$$

El consumo promedio Total del sótano es

$$C_T = C_A + C_B$$

$$C_T = 2,397.78 Kwh/Mes + 2,666.62 Kwh/mes$$

$$C_T = 5,064.4 Kwh/mes$$

El consumo mensual aproximado del sistema de iluminación de todos los ambientes del sótano del edificio R.L.P con el sistema de iluminación actual seria de **5,064.4 Kwh/mes**.

## **Etapas 2:**

Dado los hallazgos encontrados, de la etapa I se proponen algunas mejoras en relación a las fuentes lumínicas y fuentes de alimentación de las mismas, en el sótano del edificio RLP.

### **4.4 Propuestas de Mejoras**

**4.4.1** Se propone sustituir las luminarias completas de 3\*32 Watts, 2\*32 Watts y bombillas fluorescentes por luminarias con tecnología Led, en el caso del cuerpo de las bombillas PL se conserva el mismo cuerpo (carcasa) de las luminarias



existentes, considerando y comprobando que las luminarias instaladas actualmente se encuentran en buen estado físico.

**4.4.2** Se propone reemplazar las lámparas fluorescentes de 32 Watts por lámparas Led de 18W.

**Especificación de las lámparas propuestas**

Tubo led F18T8 18 Watts, ángulo 180°, con un rendimiento 2600 – 2800Lm, temperatura de color 4100 -6500 K respectivamente, como se muestran en las siguientes figuras.



**Lámparas Actuales**



**Lámparas Propuestas**

**Figura N° 41: Comparaciones de lámparas actuales Vs propuestas**

DATOS ÓPTICOS	DATOS FÍSICOS	DATOS ELECTRICOS
IRC	COLOR	CONSUMO TOTAL DE POTENCIA (W)
85Ra	Bianco	32W
VIDA ÚTIL	CASQUILLO/BASE	VOLTAJE
20000h	G13	64V
CLASE DE ENERGIA	DIMENSIONES/DIAMETRO (mm)	EFICACIA
B	1213 x 26	87lm/W
FLUJO LUMINOSO (lm)	FORMA DEL BULBO	TEMPERATURA MAXIMA DE OPERACIÓN
2784lm	Tubular	25°
TEMPERATURA DE COLOR		CORRIENTE (A)
6500K		0.27

**Figura 42: Datos de lámpara de luminarias Instaladas actualmente**

Se reemplazarán las bombillas fluorescentes PL 26W por bombillas PL Led de 9 Watts.

### **Especificaciones lámparas tipo PL**

Bombilla PL LED de 9W para casquillo G24. Ángulo de apertura 360°. Temperaturas de color disponibles: 4000K y 6400K con un rendimiento de 1080 y 1100 lúmenes respectivamente, como se muestra en las siguientes figuras.



**Bombillas Actuales**



**Bombillas Propuestas**

**Figura N° 43: Comparación de bombilla actual Vs propuesta**

Para reducir el monto de la inversión se utilizarán los mismos conductores de los circuitos derivados del sistema de iluminación del edificio, se considera solamente el conductor de alimentación principal desde los módulos de paneles solares, hasta los paneles principales eléctricos, ubicados en los cuartos eléctricos del Sótano del edificio R.L.P.

Por otra parte, las ventajas de las luminarias Led es que estas presentan un bajo consumo energético, no contienen sustancias peligrosas que generen efectos negativos posteriores a su desecho, además de una larga vida útil, prácticamente entre un 30 – 40% más que las lámparas fluorescentes.

Otra mejora a proponer es la instalación de un sistema fotovoltaico que conlleva la instalación de paneles solares fotovoltaicos, Inversores, transformador seco elevador de 120-240V/480V, protecciones y cableados para la alimentación del sistema eléctrico de iluminación del sótano durante el día, a través de un sistema interconectado a la red para consumo propio.

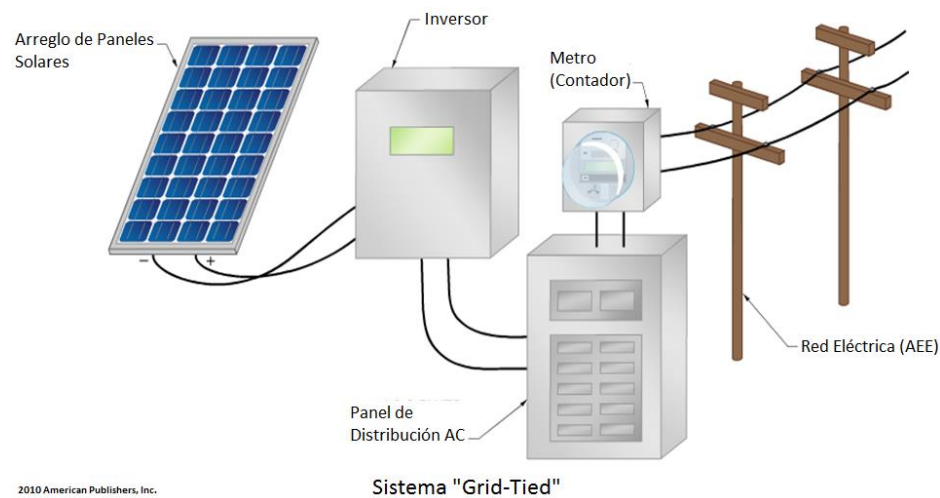
#### **4.4. Sistema Fotovoltaico Interconectado a la Red**

Los sistemas fotovoltaicos interconectados a la red eléctrica ofrecen beneficios a los consumidores del servicio eléctrico, en primer lugar, la apertura a las energías renovables, en segundo lugar, un ahorro económico y para el caso de la Universidad Nacional de Ingeniería (**UNI**) es hacer honor al lema: Líder en Ciencia

y Tecnología, además de crear conciencia de las bondades del uso de energías renovables.

Los sistemas interconectados son ideales para bajar el tipo de tarifa eléctrica en residencias, comercios e industrias con altos consumos y promover el uso eficiente de energía. Un sistema fotovoltaico tiene una vida útil aproximada de veinte a veinte cinco años y se están posicionando como la mejor apuesta de abastecimiento de electricidad.

En el siguiente diagrama se muestra los componentes básicos en sistemas interconectado a la red.



**Figura N° 44: Sistema Básico Fotovoltaico Interconectado a la red.**

### **Procedimiento requerido para calcular la energía consumida en el sótano del edificio R.L.P.**

Se debe calcular la nueva carga de iluminación, que quedaría al sustituir las lámparas fluorescentes por lámparas con tecnología led, para la cual se realiza el siguiente análisis resumido en la **Tabla N° 09**.

**Consumo en KWh/día en el sótano aplicando Tecnología Led.**

Area o Ambiente	Numeros de Luminarias	Potencia con lum LED (Watts)	Uso Diario en horas	Consumo diario en KWh/día
Ala "A" Sòtano				
Escalera sotano	12	288.00	13	3.74
Pasillo	26	468.00	13	6.08
Oficina Responsable de Mantenimiento	4	72.00	13	0.94
THIS IS CS50X.ni	9	486.00	13	6.32
Laboratorio CS50 .1	9	486.00	13	6.32
Laboratorio de Monografia y Proyecto	9	486.00	13	6.32
Laboratorio Taller Eléctrico FEC	9	486.00	13	6.32
Laboratorio Informatica FEC	9	486.00	13	6.32
Sistema de Informacion Humano	5	90.00	13	1.17
Cuarto Eléctrico A	12	288.00	13	3.74
Cuarto Claro	1	36.00	13	0.47
Cuarto Movistar	2	36.00	13	0.47
Laboratorio General	9	378.00	13	4.91
Potencia Ala "A"		4,086.00		
	Consumo estimado por dia			53.12
Ala "B" Sòtano				
Cuarto de Servicio	1	22.00	13	0.29
Oficina	4	216.00	13	2.81
Salon de Teatro	9	486.00	13	6.32
Salon de Danza	19	1,026.00	13	13.34
Bodega Salon de Baile	6	324.00	13	4.21
Escalera Sòtano	13	342.00	13	4.45
Oficina NIC.ni	10	540.00	13	7.02
Sala de Reunión NIC.ni	2	108.00	13	1.40
Bodega Nic.ni	6	324.00	13	4.21
Centro de Datos NIC.ni	4	216.00	13	2.81
Cafeteria Nic.ni	2	36.00	13	0.47
Bodega Nic.ni	2	36.00	13	0.47
Cuarto de Servicio	1	18.00	13	0.23
Oficina #1	6	324.00	13	4.21
Oficina #3	1	54.00	13	0.70
Oficina #5	4	216.00	13	2.81
Pasillo	27	522.00	13	6.79
Potencia Ala "B"		4,810.00		
	Consumo estimado por dia			62.53

**Tabla N° 09, Fuente Propia.**

Por lo tanto, el consumo estimado en el Ala "A" del sótano es

$$C_A = 53.12KwH * 22dias$$

$$C_A = 1,168.64 Kwh/mes$$

El consumo estimado en el Ala "B" del sótano es

$$C_B = 62.53KwH * 22dias$$

$$C_B = 1,375.66Kwh/mes$$

El consumo promedio Total del sótano es

$$C_T = C_A + C_B$$

$$C_T = 1,168.64 Kwh/Mes + 1,375.66Kwh/mes$$

$$C_T = 2,544.3 KWh/mes$$

El ahorro en energía solo por hacer la sustitución tecnológica de la iluminación sería:

$$\text{Consumo con Sistema Lumínico Actual} \quad C = 5,064.4 Kwh/mes$$

$$\text{Consumo con Sistema Lumínico Propuesto} \quad C = 2,544.3 Kwh/mes$$

El ahorro en energía rondaría:

$$C = 5,064.4 Kwh/mes - 2,544.3 Kwh/mes$$

$$C = 2,520.1 Kwh/mes$$

De este modo al hacer la transición de luminarias fluorescente a luminarias con tecnología Led, se lograría ahorrar para el caso específico del sótano y en base a los consumos estimados de iluminación un total de 2,520.1 KWh lo que equivale a un 49.7%, sin afectar en lo más mínimo el nivel de iluminación de diseño, ya que el flujo luminoso de las lámparas propuestas es el mismo que el de las actuales, con menor potencia, cumpliendo con los requerimientos mínimos de las normas de sistemas luminotécnicos (NOM).

A partir del análisis del consumo estimado, se puede deducir lo siguiente:

El consumo de energía del sistema de iluminación del sótano aplicando la tecnología Led rondaría el 50.23% del consumo con la actual tecnología.

De acuerdo a la factura la energía consumida en el recinto universitario RUSB del mes de diciembre del año 2018 el porcentaje de consumo es de

El consumo promedio Total del sótano: 5,064.4kw-mes

Energía consumida: 163,207.27kw

$$x = \frac{5,064.4kw * 100}{163,207.27kw} = 3.10\%$$

Donde el porcentaje de energía consumida que representa la iluminación del sótano del edificio RLP es del 3.10%, con respecto al total del Recinto Universitario “Simón Bolívar”.

#### **4.5 Cálculo del Sistema Fotovoltaicos (FV)**

El sistema eléctrico del edificio R. L. P está dividido en dos Alas “A y B”, en cada una de ella existe un cuarto eléctrico, motivo por el cual se consideró realizar los cálculos del sistema fotovoltaico por ala. Las alas A y B del edificio R.L.P. poseen sistemas eléctricos independientes uno del otro excepto la iluminación del sótano debido a que ambas alas son alimentadas del Centro General de Carga del Ala “B”, esto debido a que ambas se conectan al grupo electrógeno existente.

##### **Ala “A”:**

El primer paso es dimensionar la potencia del inversor y para ello es necesario conocer la carga instalada en los ambientes detallado en la **Tabla N° 09**, sumando solamente los valores de la columna 3.

Considerando que las pérdidas que ocurren en el inversor al convertir la corriente continua a corriente alterna se aproximan a un 20% se debe calcular la potencia efectiva del equipo tal y como sigue:

$$Potencia_{Inversor} = Potencia_{Instalada} * 1.2$$

$$Potencia_{Inversor} = 4,086W * 1.2$$

$$Potencia_{Inversor} = 4,903.2W$$

Debido a que comercialmente los fabricantes no manufacturan inversores de 4,903W, se elige el de potencia inmediata superior o sea un inversor de 5000W, operando a 120/240V.

El segundo paso es calcular el número de paneles solares que alimentaran el sistema de iluminación, este número de paneles depende de la carga instalada en esta "Ala".

Para este cálculo, debido a las pérdidas que existen en la conversión de corriente continua a corriente alterna es también del orden del 10% se realiza el siguiente calculo:

$$N^{\circ} \text{Paneles solares} = 5000W + (5000(0.1))$$

$$N^{\circ} \text{Paneles solares} = 5,500W$$

Por lo tanto, el número de paneles solares correspondiente al Ala "A" es de:

$$N^{\circ} \text{Paneles solares} = \frac{\text{Potencia del Inversor}}{\text{Potencia Panel Solar}}$$

$$N^{\circ} \text{Paneles} = \frac{5,500W}{340W} = 16.17$$

Se consideran Paneles Fotovoltaicos con potencia de 340 W debido a que es el panel de mayor potencia que se encuentra comercialmente, además de su alta eficiencia y por su fácil adquisición en el país.

Se propone ordenar los Paneles fotovoltaicos en dos string de 8 paneles cada uno, procurando no superar el nivel de voltaje máximo absoluto del inversor, (detalles Ficha técnica inversor de 5KW).

### **Ala "B":**

De igual manera para calcular el inversor del Ala "B" se realiza el mismo procedimiento anteriormente elaborado para el ala "A".

$$N_{\text{Inversores}} = \text{Carga (Instalada)} * 1.2$$

$$N_{\text{Inversores}} = 4,810W * 1.2$$

$$N_{\text{Inversores}} = 5,772W$$

De igual forma, se selecciona un inversor de 6000W.

Cálculo del número de paneles solares

$$P_{\text{aneles}} = 6000W + (6000(0.1))$$

$$P_{\text{aneles}} = 6,600W$$

Por lo tanto, el número de paneles correspondiente al Ala "B"

$$N^{\circ} \text{Paneles} = \frac{\text{Potencia Inversor}}{\text{Potencia del panel solar}}$$

$$N^{\circ} \text{Paneles} = \frac{6,600W}{340W} = 20$$

En este caso se construirían dos string de 10 paneles fotovoltaicos cada uno, conectados en serie para alimentar el sistema de iluminación del ala “B”.

### **Cálculo de Conductores Ala “A”:**

Para el cálculo de los conductores es fundamental conocer la corriente, la distancia al lugar de ubicación de la carga y la caída de tensión. La caída de tensión en un sistema fotovoltaico para que el sistema sea eficiente no debe ser mayor a un 1%.

De la ficha técnica del panel solar de 340W tenemos que sus especificaciones son las siguientes:

I= 9.24A; P= 340W; L=15Mts equivalente a pies 49.21 pies

Inicialmente, se calcula la caída de tensión a través de la siguiente formula.

$$Vd = \frac{2K * L * I}{Cm}$$

Donde:

**Vd:** Caída de Voltaje

**K:** Constante

**L:** Longitud (Pies)

**Cm:** Sección transversal del conductor (Circular Mil)

**I:** Corriente (Amperios)

La Caída de tensión tomando en cuenta la distancia desde los paneles solares hasta el inversor, asumiendo la sección transversal del conductor # 8 OLFLEX, sección transversal de 16,510 circular mil (cmil) detalles tabla de anexos.

$$Vd = \frac{2(12.9) * (49.21 \text{ pies} * 9.24A)}{16,510 \text{ cmil}}$$

$$Vd = \frac{11,731.27}{16,519}$$



$$Vd = 0.71\%$$

Por lo tanto, se puede decir que es el conductor # 8 OLFLEX es el apropiado para esta distancia, debido a que la capacidad de conducción de corriente es la apropiada para interconectar los paneles fotovoltaicos ya que la caída de tensión está por debajo del máximo permitido.

La caída de tensión comprendida desde el inversor de 5000 Watts hasta el panel eléctrico, considerando una sección transversal equivalente o igual a la del conductor THHN 350 MCM AWG, sección transversal 350,000 circular mil detalles en anexos.

$$I = \frac{5000W}{240V} = 20.83A$$

$$Vd = \frac{2(12.9) * (492.12pies) * (20.83A)}{350,000cmil}$$

$$Vd = \frac{264,472.17}{350,000}$$

$$Vd = 0.75\%$$

Para el cálculo del portafusible cilíndrico de protección, ubicado a la salida de los string de paneles fotovoltaicos y a la entrada del Inversor; es necesario conocer la corriente de corto circuito del panel fotovoltaico en este caso los detalles se presentan en la ficha técnica del panel de 340W.

$$Iccto = 9.24A$$

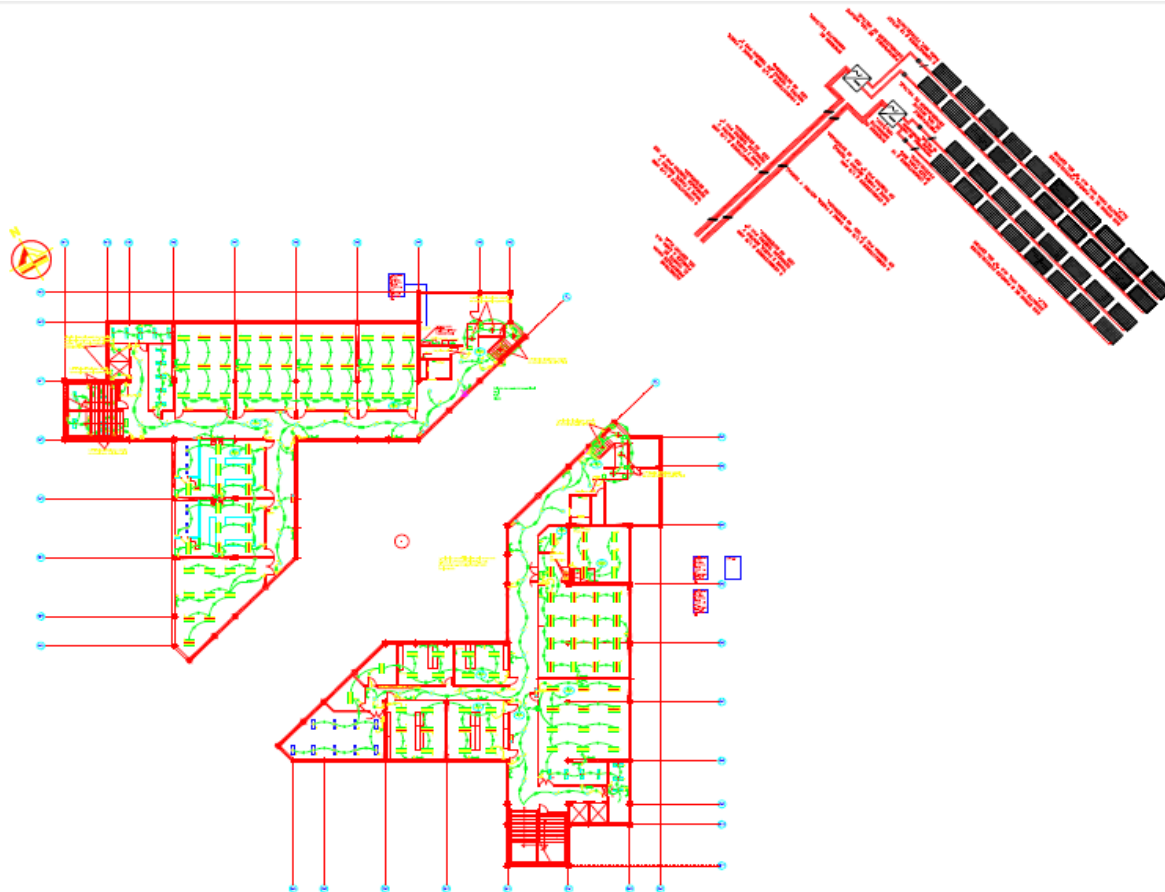
Esta la corriente de corto circuito se multiplica por un factor de 1.25 así tenemos:

$$Iccto = 9.24A * 1.25$$

$$Iccto = 11.55A$$

Para este valor de corriente no existe comercialmente una porta fusible, por lo tanto, se considera el más cercano de la corriente calculada, que en este caso es el de 15A.

Debido a que la distancia desde el Inversor hasta el panel eléctrico es de 150 Mts lineales se necesita proteger la línea el inversor, en caso de presentarse fallas u otros fenómenos.



**Figura N° 45 Ubicación y Trayectorias de Acometidas del Sistema Solar FV.**

Se conoce que la corriente a la salida del inversor es de 20.83A

$$I_{interruptor} = 20.83A * 1.25$$

$$I_{interruptor} = 26.037A$$

Se instalarían dos Interruptores Termomagnético, uno instalado a la salida del Inversor de 5000W y el otro a la entrada del transformador seco de 15KVA 240/480V cada interruptor Termomagnético de dos polos para 30A.

#### **Cálculo de Conductores Ala "B":**

De igual forma con los mismos procedimientos y con las mismas consideraciones aplicadas anteriormente para el Ala "A" se calcula para el Ala "B"

I= 9.24A; P= 340W; L=15Mts equivalente a 49.21 pies

Utilizando la misma fórmula de la página # 78, calculamos la caída de Tensión

$$Vd = \frac{2K * L * I}{Cm}$$

El cálculo de la Caída de tensión comprendida desde los paneles solares hasta el inversor a una distancia de 15 Mts lineales equivalente a 49.21 pies.

Asumiendo conductor # 8 OLFLEX sección transversal 16,519 circular mil

$$Vd = \frac{2(12.9) * (49.21 \text{ pies}) * (9.24A)}{16,519 \text{ cmil}}$$

$$Vd = \frac{11,731.27}{16,519}$$

$$Vd = 0.71\%$$

La caída de tensión comprendida desde el inversor de 6000 Watts hasta el panel eléctrico a una distancia de 150 Mts lineales equivalente a 492.12 pies.

Asumiendo conductor THHN 350 MCM AWG, sección transversal 350,000 circular mil:

$$I = \frac{6000W}{240V} = 25A$$

$$Vd = \frac{2(12.9) * (492.12 \text{ pies}) * (25A)}{350,000 \text{ cmil}}$$

$$Vd = \frac{317,4174}{350,000}$$

$$Vd = 0.90\%$$

Para el cálculo del portafusible cilíndrico de protección es necesario conocer la corriente de corto circuito del panel fotovoltaico detalles fichas técnicas de panel fotovoltaico de 340W.

$$I_{ccto} = 9.24A$$

Se multiplica por 1.25

$$I_{ccto} = 9.24A * 1.25$$

$$I_{ccto} = 11.55A$$

Por lo tanto, el portafusible se define de 15A

### **Cálculo de los interruptores termomagnético:**

Se conoce que la corriente es de 25A, para definir la capacidad del interruptor termomagnético se debe multiplicar por un factor de 1.25

$$IP = 25A * 1.25$$

$$IP = 31.25A$$

Se instalarían dos Interruptores Termomagnético, uno instalado a la salida del Inversor de 6000W y el otro a la entrada del transformador seco de 15KVA 240/480V cada interruptor Termomagnético de dos polos para 40A.

Debido a que la tensión alterna generada del sistema fotovoltaico propuesto es monofásica 120/240V, se necesita un transformador seco elevador de 277/480V, ya que la tensión con la que se alimenta el sistema de iluminación actual del edificio R.L.P es 277/480V.

### **Cálculo de Transformador Seco:**

Para calcular el transformador seco es necesario conocer la carga total de las áreas de instalación detalles en la **Tabla N° 09**.

Una vez conociendo este valor se dimensiona el transformador de tal manera que este trabaje por debajo del 80% de su capacidad nominal para no afectar la su vida útil.

$$I = \frac{Potencia\ Total}{Voltaje}$$

$$I = \frac{4,810W}{277V} = 17.36A$$

$$T_{seco} = \frac{4,810W}{0.8} = 6.01KVA$$

Dado que comercialmente no existe un transformador de 6 KVA procedemos al de potencia más cercana y que pueda asumir la carga instala.

El transformador seco disponible comercialmente es de 15KVA, 277V/480V.

#### 4.7 Evaluación económica

De acuerdo a la tarifa contratada por el R.U.S.B., (T2E, detalles **Figura 46**) se puede observar que la tarifa por energía consumida del KWh es de 9.4481 Córdobas. Considerando la Tarifa mayor (verano punta).

TARIFAS ACTUALIZADAS A ENTRAR EN VIGENCIA EL 1 DE DICIEMBRE 2018					
AUTORIZADAS PARA LAS DISTRIBUIDORAS DISNORTE Y DISSUR					
MEDIA TENSION (VOLTAJE PRIMARIO EN 13.8 Y 24.9 kV)					
TIPO DE TARIFA	APLICACIÓN	TARIFA		CARGO POR	
		CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	ENERGÍA (C\$/kWh)	POTENCIA (C\$/kW-mes)
GENERAL MAYOR	Carga contratada mayor de 25 kW para uso general (Establecimientos Comerciales, Oficinas Públicas y Privadas Centro de Salud, Hospitales, etc)	T-2D	TARIFA BINOMIA SIN MEDICION HORARIA ESTACIONAL		
			Todos los kWh	5.8043	
			kW de Demanda Máxima		852.7988
		T-2E	TARIFA BINOMIA CON MEDICION HORARIA ESTACIONAL		
			Verano Punta	9.4481	
			Invierno Punta	9.1471	
			Verano Fuera de Punta	6.5289	
			Invierno Fuera de Punta	6.3099	
			Verano Punta		949.5665
			Invierno Punta		593.0193
			Verano Fuera de Punta		0.0000
			Invierno Fuera de Punta		0.0000

**Figura N° 46 Tarifa contratada UNI-RUSB**

Para determinar el costo de cada KWh se realizó un promedio entre las tarifas verano punta y verano fuera de punta, asumiendo la tarifa actualizada que entro en vigencia el 1 de diciembre del 2018.

$$Kwh = \frac{Verano Punta + Verano Fuera de Punta}{2}$$

$$Kwh = \frac{9.4481C\$ + 6.5289C\$}{2} = 7.9885C\$$$

Por lo tanto, si se realiza la multiplicación de los KWh con el consumo actual de las luminarias fluorescentes obtenemos:

$$Facturación = 5,064.4kwh - mes * 7.9885 Cordobas$$

$$Facturación = 40,456.95 cordobas$$

Se determinarán los costos mensuales en dólares

$$Facturación = \frac{40,456.95 Cordobas}{32.5 dolares}$$

$$Facturación = 1,244.82 Dolares$$

Este monto representa los costos que se facturan solamente en iluminación del sótano del edificio Rigoberto López Pérez de ambas alas.

De acuerdo a los estudios realizados por el departamento de energía y minas, las horas de sol promedio de generación solar aprovechable para Managua, lugar de ubicación del estudio en referencia, es de 5.31 horas, detalles en **Tabla N° 02**, estaríamos usando la energía comercial de la empresa distribuidora el resto del día, ya que no se puede cubrir con la energía de los paneles fotovoltaicos, aproximadamente 8 horas.

De Acuerdo a la **Tabla N° 09**: “Potencia del sistema de iluminación con tecnología Led”, se conoce que la Potencia Total es de 8,896 Watts

$$\text{Energia} = 8,896W * 8 \text{ Horas}$$

$$\text{Energia} = \frac{71,168Wh}{1000}$$

$$\text{Energia} = 71.168Kwh/dia$$

$$\text{Energia} = 71.168Kwh * 22 \text{ dias}$$

$$\text{Energia} = 1,565.69Kwh/mes$$

Usando el monto de la tarifa T2E contratada por la Universidad por cada kW tenemos:

$$\text{Costos} = 1,565.69KWh - mes * 7.9885 \text{ Cordobas}$$

$$\text{Costos} = 12,507.56 \text{ cordobas}$$

Equivalente a = 384.84 Dólares

Actualmente se están facturando a una tasa de cambio en el edificio de 32.5 córdobas, solamente por iluminación 1,244.82 \$, al realizar el cambio de las luminarias con las nuevas potencias y considerando el tiempo que no se puede cubrir con el sistema fotovoltaico, se facturaría solamente 384.84 \$.

Se calculó la diferencia de costos al reemplazar las luminarias fluorescentes con luminarias Led, en este caso el ahorro mensual sería.

$$Dif = 1,244.82dólares - 384.84 \text{ dolares}$$

$$Dif = 859.98 \text{ dolares}$$

Por lo tanto, el ahorro con el cambio de tecnología de fluorescente a tecnología LED sería de 859.98 dólares mensuales, lo que equivale a un 69% de ahorro.

Para definir el periodo de recuperación y analizar si es viable financieramente dicha inversión para la Universidad, es necesario definir el monto total de la inversión para compararla con el ahorro debido a la reducción del consumo eléctrico producto del cambio de tecnología en el sistema de iluminación y la instalación de un sistema fotovoltaico para las luminarias del sótano.

#### 4.6 Inversión total para la adquisición de lámparas LED e instalación del Sistema Fotovoltaico.

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	36 Paneles Solares de 340Wp, marca Jinko Solar modelo JKM340M-72.	Unidad	36	\$221.00	\$7,956.00
2	Inversor de 5000 Watts 120/240V.	Unidad	1	\$1,100.12	\$1,100.12
3	Inversor de 6000 Watts 120/240V.	Unidad	1	\$1,400.32	\$1,400.32
4	Luminaria ECO 4T 18 Watts, white con su difusor cuadrículado.	Unidad	123	\$45.00	\$5,535.00
5	Luminaria ECO 2T 18 Watts, white con su difusor cuadrículado.	Unidad	15	\$33.53	\$502.95
6	Tubo T8*18 Watts Led marca Sylvania	cajas	16	\$82.50	\$1,320.00
7	Bombillo PL Led 9 Watts marca Sylvania	cajas	16	\$33.60	\$537.60
8	Protecciones Eléctricas (2 Interruptores Termomagneticos 2P-30A y 2 de 2P-40A, 4 Portafusible de 15A)	Unidad	16	\$60.00	\$960.00
9	Soporte para instalación de paneles solares base de concreto y herrajes.	Unidad	2	\$1,340.00	\$2,680.00
10	Conductores comprendidos desde los paneles hasta los PRL del cuarto electrico	Mts	1200	\$3.89	\$4,668.00
11	Mano de obra de Instalación de paneles solares 12 Kw, acometidas electrica e instalación de transf seco.	Unidad	1	\$5,000.00	\$5,000.00
12	Transformador seco elevador de 15 KVA 120-240V/480V	Unidad	1	\$1,250.00	\$1,250.00
13	Mantenimiento del sistema fotovoltaico y sistema de iluminación propuesto.	Unidad	1	\$3,060.29	\$3,060.29
14	Obras Civiles (canalización, caja de registros, ropturas.	Unidad	1	\$1,100.00	\$1,100.00
			<b>Sub-Total</b>		<b>\$37,070.28</b>
			<b>IVA 15%</b>		<b>\$5,560.54</b>
			<b>Gran total</b>		<b>\$42,630.82</b>

**Tabla N° 10, Fuente Propia**

En la Tabla # 10 se puede observar el monto total de la inversión al realizar el proyecto, para calcular el tiempo en años en el que se recuperaría la inversión solamente es dividir el monto de la inversión entre el ahorro mensual en facturación de energía eléctrica.

$$Tiempo\ de\ Recuperaci\o n = \frac{Costos\ de\ la\ Inversion}{Ahorro\ mensual}$$

$$T_R = \frac{37,070.28\$}{859.98 \$}$$

$$T_R = 43.10 Meses$$

Lo que define que la inversión se recupera en

$$T_R = \frac{43.10\ meses}{12\ Meses}$$

$$T_R = 3.59\ A\tilde{n}os.$$

El tiempo o período de recuperación de la inversión es de prácticamente tres años y medio, período de tiempo aceptable para este tipo de inversión, este criterio no es el único que se debe de aplicar para tomar la decisión del cambio de tecnología, se debe analizar que al realizar el cambio tecnológico este conllevará, además del ahorro del consumo eléctrico, también lleva implícito una elevación de los niveles de iluminación en los ambientes sujetos a esta sustitución tecnológica, este aumento de los niveles de iluminación redundan en una mejora del bienestar de los usuarios de las áreas, también se debe comentar que la reducción del consumo producto primero, de la sustitución tecnológica y además por la instalación de un sistema fotovoltaico el impacto negativo al ambiente se reduce.

### **6.7 Valor Actual Neto (VAN).**

El valor actual neto, también conocido valor presente neto, cuyo acrónimo es VAN es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros o en determinar la equivalencia en el tiempo 0 (año cero), de los flujos de efectivo futuros que genera un proyecto y comparar esta equivalencia con el desembolso inicial.

En donde se estima:



Valor	Significado	Decisión a tomar
$VAN > 0$	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida ( $r$ )	El proyecto puede aceptarse
$VAN < 0$	La inversión produciría pérdidas por debajo de la rentabilidad exigida ( $r$ )	El proyecto debería rechazarse
$VAN = 0$	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida ( $r$ ), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.

### Criterio de Decisión Valor Actual Neto (VAN)

#### 6.8 Calculo de Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es la tasa de interés o rentabilidad que ofrece una inversión. Es decir, es el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá una inversión para las cantidades que no se han retirado del proyecto.

Es una medida utilizada en la evaluación de proyectos de inversión que está muy relacionada con el valor actual neto (VAN). También se define como el valor de la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, para un proyecto de inversión dado.

- Si  $TIR > r$  Se rechazará el proyecto. La rentabilidad que nos está requiriendo este préstamo es mayor que nuestro costo de oportunidad.
- Si  $TIR \leq r$  Se aceptará el proyecto

Ahora bien, para determinar la TIR y el VAN se necesita conocer si el proyecto es un proyecto de inversión pública o privado, en nuestro caso el proyecto es de inversión pública por lo que se define una tasa de descuento es del 12%,

Tasa de Oportunidad de proyectos de Inversión Social	12%
Periodo	Ingresos/Egresos
Inversion Inicial	-\$37,070.28
Ahorro Año 2020	\$10,319.76
Ahorro Año 2021	\$10,319.76
Ahorro Año 2022	\$10,319.76
Ahorro Año 2023	\$10,319.76
Ahorro Año 2024	\$10,319.76
<b>TIR</b>	12%
<b>VAN</b>	\$130.15

Por lo tanto, el  $TIR > r$  lo que significa que está por encima de la tasa de exigencia de rentabilidad del proyecto, por lo cual se considera factible.

El  $VAN > 0$  es decir que la inversión produciría ganancia por encima de la rentabilidad exigida.

## Conclusiones:

1. Se determinó que más del 85% de los ambientes cumple con la norma de referencia (NOM). Un 12% de las áreas evaluadas cuentan con un nivel de iluminancia superior al nivel mínimo del establecido por la N.O.M. Un 3% de los ambientes no cumplen con el nivel de iluminación mínimo establecido en la normativa.
2. Con los resultados obtenidos del análisis económico, se puede observar que el tiempo de recuperación de la inversión es de 3.59 años, con una inversión total de US \$ 42,630.82 (equivalente a 1,385,501.65 córdobas), por lo tanto, es factible llevar a cabo este proyecto con el presupuesto del 6% que se le asigna a la UNI.
3. La implementación de luminarias Led y el sistema solar fotovoltaico para alimentar el sistema de iluminación del edificio R.L.P. Es una buena apuesta para reducir el impacto negativo al medio ambiente y además ahorrar energía eléctrica, en este proyecto la inversión inicial es relativamente alta, pero dicha inversión se recupera a corto plazo.

## **Recomendaciones:**

1. Se recomienda hacer el cambio de tecnología en el sistema de iluminación del edificio Rigoberto López Pérez, de lámparas fluorescentes a lámparas con tecnología LED.
2. Se recomienda la adquisición e instalación de un sistema Fotovoltaico que alimente las luminarias del sótano del edificio Rigoberto López Pérez.
3. Se debe elaborar un plan de mantenimiento preventivo para el sistema de iluminación en particular y el sistema eléctrico en general, en el cual se especifique la frecuencia de limpieza del mismo, y la reposición periódica de las lámparas.
4. Se recomienda a la institución planificar y presupuestar este proyecto de inversión para llevarlo a cabo en el año 2020.
5. Se recomienda crear un plan de mantenimiento del sistema fotovoltaico para reducir las pérdidas en él.
6. Se recomienda destinar un presupuesto necesario y suficiente para un adecuado mantenimiento preventivo y correctivo del sistema eléctrico del edificio R.L.P.
7. Realizar campañas de sensibilización para todos los miembros de la comunidad universitaria, con el fin de estimular el uso adecuado y racional de la energía eléctrica.
8. Nicaragua tiene que crear una norma en sistemas luminotécnicos o adoptarse a la N.O.M.

## **Bibliografías**

Guía Técnica de “Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios”. IDEA, Extraído 02 de febrero del 2018, en el siguiente Link [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_10055\\_GT\\_aprovechamiento\\_luz\\_natural\\_05\\_ff12ae5a.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10055_GT_aprovechamiento_luz_natural_05_ff12ae5a.pdf)

Guía Técnica de “Eficiencia energética en iluminación”. IDEA, Extraído 28 de enero del 2018, en el siguiente link [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_5573\\_GT\\_iluminacion\\_oficinas\\_01\\_dacd0f81.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5573_GT_iluminacion_oficinas_01_dacd0f81.pdf)

Guía de Iluminación Interior. Informe técnico. Publicación de la CIE nº 29.2, Extraído el 20 enero del 2018.

Gilberto Enrique Harper, (2012) El ABC de las energías renovables en los sistemas eléctricos 1era edición editorial limusa México

### **Libros:**

- a. Lighting Handbook, ISBN 978-3-902940-72-8, Zumtobel Lighting GmbH.
- b. Libro de Técnicas de iluminación, Llogari Casas y Álvaro Ulldemolins PID\_00168432

### **• Páginas Web visitadas**

<https://es.libro.org/wiki/Lux/metro>.

[http://www.f2e.es/uploads/doc/20140130095253.aio\\_cefilum\\_2014\\_f2e.pdf](http://www.f2e.es/uploads/doc/20140130095253.aio_cefilum_2014_f2e.pdf).

<sup>(1),(2),(3)</sup>[archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/13030/PFC\\_Ruben\\_Colome\\_r\\_Rodriguez.pdf?sequence=1](http://archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/13030/PFC_Ruben_Colome_r_Rodriguez.pdf?sequence=1)

Estudio privado de factibilidad del sistema fotovoltaico para una granja de 500kWp en Marina de Guacalito.

## Anexos

Tablas de mediciones realizadas en cada uno de los ambientes del edificio  
Rigoberto López Pérez:

Area o Ambiente	Cant. De Luminarias	Descripcion de Luminaria	Potencia (Watts)	Nivel de Iluminación Promedio	Tipo de Lámparas	Observaciones
<b>Ala "A"</b>						
AI-I	9	Lum 3*32W	864.00	433.50	Led	
AI-II	9	Lum 3*32W	864.00	431.33	Led	
AI-III	9	Lum 3*32W	864.00	397.17	Led	3 unidades de tubos de luminarias en mal estado.
AI-IV	9	Lum 3*32W	864.00	467.83	Led	
AI-V	9	Lum 3*32W	864.00	431.67	Led	
AI-VI	9	Lum 3*32W	864.00	404.50	Led	
Salon de Uso Multiple	11	Lum 3*32W	1,056.00	368.33	Fluorescentes	
Oficina de medios Audiovisuales	2	Lum 3*32W	192.00	203.00	Fluorescentes	
Oficina de Disciplina	3	Lum 2*32W	192.00	228.75	Fluorescentes	
Baños de Damas	5	3 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	296.00	289.20	Fluorescentes	
Baños de Varones	4	2 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	232.00	266.20	Fluorescentes	2 ojos de buey de 2*26W en mal estado.
Pasillo Alrededor de las Escaleras Centrales.	18	Ojos de Buey de 2*26W.	936.00	64.50	Fluorescentes	
Pasillo A	22	Ojos de buey 2*26 W	1,144.00	69.92	Fluorescentes	
Escaleras Sureste Subiendo al Segundo Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	149.67	Fluorescentes	3 ojos de buey de 2*26W en mal estado.
Escaleras Suroeste Subiendo al Segundo Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	150.50	Fluorescentes	3 ojos de buey de 2*26W, 1 tubo de 32W en mal estado.
<b>Ala "B"</b>						
BI-I	9	Lum 3*32W	864.00	467.00	Led	
BI-II	9	Lum 3*32W	864.00	473.83	Led	
BI-III	9	Lum 3*32W	864.00	489.50	Led	
BI-IV	9	Lum 3*32W	864.00	443.33	Led	
BI-V	9	Lum 3*32W	864.00	502.17	Led	
BI-VI	9	Lum 3*32W	864.00	394.00	Led	
Salon de Uso multiple	11	Lum 3*32W	1,056.00	372.50	Led	
Oficina de Medios Audiovisuales	2	Lum 3*32W	192.00	201.75	Fluorescentes	
Oficina de Disciplina	3	Lum 2*32W	192.00	228.75	Fluorescentes	
Baños de Damas	5	3 Lum 2*32W, 2 ojos de buey 2*26W	296.00	259.00	Fluorescentes	2 ojos de buey de 2*26W en mal estado.
Baños de Varones	4	2 Lum 2*32W, 2 ojos de buey 2*26W	232.00	252.20	Fluorescentes	
Pasillo B	22	Ojos de buey 2*26W	1,144.00	64.50	Fluorescentes	
Escaleras noreste Subiendo al Segundo Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	150.50	Fluorescentes	
Escaleras noroeste Subiendo al Segundo Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	147.00	Fluorescentes	1 ojos de buey de 2*26W en mal estado.
		<b>Total de Watts</b>	<b>18,872.00</b>			

Mediciones Realizadas con el luxómetro del nivel de iluminación promedio Planta I, Edificio R.L.P.

Area o Ambiente	Cant. De Luminarias	Descripcion de Luminaria	Potencia (Watts)	Nivel de Iluminacion Promedio	Tipo de Lámparas	Observaciones
<b>Ala A</b>						
AII-I	9	Lum 3*32W	864.00	296.00	Fluorescentes	3 unidades de tubos de luminaria en mal estado.
AII-II	9	Lum 3*32W	864.00	341.33	Fluorescentes	3 unidades de tubos de luminaria en mal estado.
AII-III	9	Lum 3*32W	864.00	330.00	Fluorescentes	
AII-IV	9	Lum 3*32W	864.00	456.83	Fluorescentes	
AII-V	9	Lum 3*32W	864.00	332.17	Fluorescentes	
AII-VI	9	Lum 3*32W	864.00	327.33	Fluorescentes	
Salon de Uso Multiple	11	Lum 3*32W	1,056.00	372.67	Fluorescentes	
Oficina de Medios Audiovisuales	2	Lum 3*32W	192.00	205.50	Fluorescentes	
Oficina de Disciplina	3	Lum 2*32W	192.00	230.00	Fluorescentes	
Baños de Damas	5	3 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	296.00	289.00	Fluorescentes	
Baños de Varones	4	2 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	232.00	252.40	Fluorescentes	
Pasillo alrededor de las escaleras centrales	18	Ojos de Buey de 2*26W.	936.00	67.14	Fluorescentes	4 Ojos de buey de 2*26W en mal estado.
Escaleras Suroeste Subiendo al Tercer Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	149.50	Fluorescentes	
Escaleras Sureste Subiendo al Tercer Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	148.67	Fluorescentes	2 unidades de tubos de luminaria en mal estado.
Pasillo	22	Ojos de Buey 2*26 W	1,144.00	72.21	Fluorescentes	8 ojos de buey de 2*26W en mal estado.
<b>Ala B</b>						
BII-I	9	Lum 3*32W	864.00	293.00	Fluorescentes	3 unidades de tubos de luminaria en mal estado.
BII-II	9	Lum 3*32W	864.00	405.33	Fluorescentes	
BII-III	9	Lum 3*32W	864.00	324.67	Fluorescentes	
BII-IV	9	Lum 3*32W	864.00	329.33	Fluorescentes	
BII-V	9	Lum 3*32W	864.00	342.67	Fluorescentes	
BII-VI	9	Lum 3*32W	864.00	339.33	Fluorescentes	
Salon de Uso Multiple	11	Lum 3*32W	1,056.00	369.50	Fluorescentes	
Oficina de Medios Audiovisuales	2	Lum 3*32W	192.00	208.75	Fluorescentes	
Oficina de Disciplina	3	Lum 2*32W	192.00	229.50	Fluorescentes	
Baños de Damas	5	3 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	296.00	266.80	Fluorescentes	1 ojo de buey de 2*26W en mal estado.
Baños de Varones	4	2 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	232.00	244.80	Fluorescentes	4 unidades de tubos de luminaria en mal estado.
Pasillo B	22	Ojos de Buey 2*26 W	1,144.00	75.79	Fluorescentes	3 ojos de buey de 2*26W en mal estado.
Escaleras Noreste Subiendo al Tercer Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	150.17	Fluorescentes	
Escaleras Noroeste Subiendo al Tercer Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	159.67	Fluorescentes	3 ojos de buey de 2*26W en mal estado.
<b>Total de Watts</b>			<b>18,872.00</b>			

**Mediciones Realizadas con el luxómetro del nivel de iluminación promedio Planta II, Edificio R.L.P.**

Area o Ambiente	Cant. De Luminarias	Descripcion de Luminaria	Potencia (Watts)	Nivel de Iluminación Promedio	Tipo de Lámparas	Observaciones
<b>Ala A</b>						
AIII-I	9	Lum 3*32W	864.00	295.50	Fluorescentes	
AIII-II	9	Lum 3*32W	864.00	360.83	Fluorescentes	
AIII-III	9	Lum 3*32W	864.00	346.50	Fluorescentes	
AIII-IV	9	Lum 3*32W	864.00	342.17	Fluorescentes	
AIII-V	9	Lum 3*32W	864.00	302.00	Fluorescentes	
AIII-VI	9	Lum 3*32W	864.00	319.17	Fluorescentes	
Salon de Uso Multiple	13	Lum 3*32W	1,248.00	443.17	Fluorescentes	
Oficina de Medios audiovisuales	2	Lum 3*32W	192.00	208.75	Fluorescentes	
Oficina de Disciplina	3	Lum 2*32W	192.00	231.50	Fluorescentes	
Baños de Damas	5	3 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	296.00	276.20	Fluorescentes	
Baños de Varones	4	2 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	232.00	245.40	Fluorescentes	
Pasillo Alrededor de las Escaleras Centrales	18	Ojos de Buey de 2*26W.	936.00	66.07	Fluorescentes	
Escaleras Suroeste subiendo al Cuarto Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	358.67	Fluorescentes	3 ojos de buey de 2*26W wn mal estado.
Escaleras Sureste subiendo al Cuarto Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	154.17	Fluorescentes	
Pasillo A	22	Ojos de Buey 2*26 W	1,144.00	72.21	Fluorescentes	
<b>Ala B</b>						
BIII-I	9	Lum 3*32W	864.00	416.33	Fluorescentes	
BIII-II	9	Lum 3*32W	864.00	332.83	Fluorescentes	
BIII-III	9	Lum 3*32W	864.00	319.00	Fluorescentes	3 unidades de tubos de luminaria en mal estado.
BIII-IV	9	Lum 3*32W	864.00	355.33	Fluorescentes	
BIII-V	9	Lum 3*32W	864.00	402.33	Fluorescentes	
BIII-VI	9	Lum 3*32W	864.00	388.33	Fluorescentes	
Salon de Uso Multiple	13	Lum 3*32W	1,248.00	468.67	Fluorescentes	
Oficina de Medios Audiovisuales	2	Lum 3*32W	192.00	205.75	Fluorescentes	
Oficina de Disciplina	3	Lum 2*32W	192.00	228.50	Fluorescentes	
Baños de Damas	5	3 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	296.00	262.80	Fluorescentes	
Baños de Varones	4	2 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	232.00	234.40	Fluorescentes	1 lum 2*32W esta desprendida, 1 unidad de tubo de luminaria, 1 ojo de buey 2*26W en mal estado.
Escaleras Noreste subiendo al Cuarto Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	152.33	Fluorescentes	1 unidades de tubos de luminaria en mal estado.
Escaleras Noroeste subiendo al Cuarto Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	159.33	Fluorescentes	
Pasillo B	22	Ojos de Buey 2*26 W	1,144.00	72.21	Fluorescentes	7 ojos de buey de 2*26W wn mal estado.
<b>Total de Watts</b>			<b>19,256.00</b>			

**Mediciones Realizadas con el luxómetro del nivel de iluminación promedio Planta III, Edificio R.L.P.**



Area o Ambiente	Cant. De Luminarias	Descripcion de Luminaria	Potencia (Watts)	Nivel de Iluminación Promedio	Tipo de Lámparas	Observaciones
<b>Ala A</b>						
AIV-I	9	Lum 3*32W	864.00	450.50	Fluorescentes	
AIV-II	9	Lum 3*32W	864.00	444.83	Fluorescentes	
AIV-III	9	Lum 3*32W	864.00	432.17	Fluorescentes	
AIV-IV	9	Lum 3*32W	864.00	407.83	Fluorescentes	
AIV-V	9	Lum 3*32W	864.00	329.00	Fluorescentes	3 unidades de tubos de luminaria en mal estado.
AIV-VI	9	Lum 3*32W	864.00	362.50	Fluorescentes	
Salon de Uso Multiple	13	Lum 3*32W	1,248.00	438.67	Fluorescentes	
Baños de Damas	5	3 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	296.00	220.83	Fluorescentes	
Baños de Varones	4	2 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	232.00	159.17	Fluorescentes	
Pasillo alrededor de las escaleras centrales	18	Ojos de Buey de 2*26W.	936.00	66.86	Fluorescentes	
Escaleras Suroeste subiendo al quinto Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	153.67	Fluorescentes	
Escaleras Sureste subiendo al quinto Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	151.67	Fluorescentes	2 Ojos de buey de 2*26W, 2 tubo de 2*32W en mal estado.
Pasillo A	22	Ojos de Buey 2*26 W	1,144.00	73.29	Fluorescentes	
<b>Ala B</b>						
BIV-I	9	Lum 3*32W	864.00	414.17	Led	
BIV-II	9	Lum 3*32W	864.00	427.33	Led	
BIV-III	9	Lum 3*32W	864.00	423.17	Led	
BIV-IV	9	Lum 3*32W	864.00	418.67	Led	
BIV-V	9	Lum 3*32W	864.00	420.67	Led	
BIV-VI	9	Lum 3*32W	864.00	417.50	Led	
Salon de Uso Multiple	13	Lum 3*32W	1,248.00	477.17	Fluorescentes	
Baños de Damas	5	3 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	296.00	273.80	Fluorescentes	
Baños de Varones	4	2 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	232.00	201.00	Fluorescentes	
Escaleras Noreste Subiendo al Quinto Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	152.67	Fluorescentes	2 Ojos de buey de 2*26W en mal estado.
Escaleras Noroeste Subiendo al Quinto Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	158.00	Fluorescentes	
Pasillo B	22	Ojos de Buey 2*26 W	1,144.00	73.14	Fluorescentes	4 ojos de buey de 2*26W en mal estado.
<b>Total de Watts</b>			<b>18,488.00</b>			

**Mediciones Realizadas con el luxómetro del nivel de iluminación promedio Planta IV, Edificio R.L.P.**

Area o Ambiente	Cant. De Luminarias	Descripcion de Luminaria	Potencia (Watts)	Nivel de Iluminación Promedio	Tipo de Lámparas	Observaciones
<b>Ala "A"</b>						
AV-I	9	Lum 3*32W	864.00	449.00	Fluorescentes	
AV-II	9	Lum 3*32W	864.00	437.83	Fluorescentes	
AV-III	9	Lum 3*32W	864.00	404.50	Fluorescentes	
AV-IV	9	Lum 3*32W	864.00	442.00	Fluorescentes	
AV-V	9	Lum 3*32W	864.00	422.50	Fluorescentes	
AV-VI	9	Lum 3*32W	864.00	413.33	Fluorescentes	
Salon de uso Múltiple	19	6 Lum de 3*32W, 13 Ojos de Buey 2*26W	1,252.00	351.63	Fluorescentes	
Baños de Damas	5	3 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	296.00	273.20	Fluorescentes	
Baños de Varones	4	2 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	232.00	192.40	Fluorescentes	
Pasillo alrededor de las escaleras centrales	18	Ojos de Buey de 2*26W.	936.00	64.79	Fluorescentes	6 Ojos de buey de 2*26W en mal estado.
Pasillo A	22	Ojos de Buey 2*26 W	1,144.00	73.93	Fluorescentes	5 ojos de buey de 2*26W en mal estado.
<b>Ala "B"</b>						
BV-I	9	Lum 3*32W	864	447.83	Fluorescentes	
BV-II	9	Lum 3*32W	864	437.17	Fluorescentes	
BV-III	9	Lum 3*32W	864	405.67	Fluorescentes	
BV-IV	9	Lum 3*32W	864	440.00	Fluorescentes	
BV-V	9	Lum 3*32W	864	421.33	Fluorescentes	
BV-VI	9	Lum 3*32W	864	409.67	Fluorescentes	
Salon de Uso Múltiple	19	6 Lum de 3*32W, 13 Ojos de Buey 2*26W	1252	348.00	Fluorescentes	
Baños de Damas	5	3 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	296	276.20	Fluorescentes	
Baños de Varones	4	2 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	232	179.60	Fluorescentes	
Pasillo B	22	Ojos de Buey 2*26 W	1144	75.00	Fluorescentes	2 ojos de buey de 2*26W en mal estado.
		<b>PotenciaTotal A+B</b>	<b>17,152.00</b>			

**Mediciones Realizadas con el luxómetro del nivel de iluminación promedio Planta  
V,Edificio R.L.P**

## Tablas de cálculos a través de Software RELUX

Area o Ambiente	Cant. De Luminarias	Descripcion de Luminaria	Potencia (Watts)	Nivel de Iluminación de Diseño	Tipo de Lámparas
<b>Ala "A"</b>					
AI-I	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Fluorescentes
AI-II	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Fluorescentes
AI-III	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Fluorescentes
AI-IV	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Fluorescentes
AI-V	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Fluorescentes
AI-VI	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Fluorescentes
Salon de Uso Multiple	11	Lum 3*32W	1,056.00	536.00	Fluorescentes
Oficina de medios Audiovisuales	2	Lum 3*32W	192.00	356.00	Fluorescentes
Oficina de Disciplina	3	Lum 2*32W	192.00	563.00	Fluorescentes
Baños de Damas	5	3 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	296.00	450.00	Fluorescentes
Baños de Varones	4	2 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	232.00	461.00	Fluorescentes
Pasillo Alrededor de las Escaleras Centrales.	18	Ojos de Buey de 2*26W.	936.00	80.00	Fluorescentes
Pasillo A	22	Ojos de buey 2*26 W	1,144.00	130.00	Fluorescentes
Escaleras Sureste Subiendo al Segundo Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	250.00	Fluorescentes
Escaleras Suroeste Subiendo al Segundo Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	250.00	Fluorescentes
<b>Ala "B"</b>					
BI-I	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Fluorescentes
BI-II	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Fluorescentes
BI-III	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Fluorescentes
BI-IV	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Fluorescentes
BI-V	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Fluorescentes
BI-VI	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Fluorescentes
Salon de Uso multiple	11	Lum 3*32W	1,056.00	536.00	Fluorescentes
Oficina de Medios Audiovisuales	2	Lum 3*32W	192.00	356.00	Fluorescentes
Oficina de Disciplina	3	Lum 2*32W	192.00	563.00	Fluorescentes
Baños de Damas	5	3 Lum 2*32W, 2 ojos de buey 2*26W	296.00	450.00	Fluorescentes
Baños de Varones	4	2 Lum 2*32W, 2 ojos de buey 2*26W	232.00	461.00	Fluorescentes
Pasillo B	22	Ojos de buey 2*26W	1,144.00	130.00	Fluorescentes
Escaleras noreste Subiendo al Segundo Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	250.00	Fluorescentes
Escaleras noroeste Subiendo al Segundo Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	250.00	Fluorescentes
<b>Total de Watts</b>			<b>18,872.00</b>		

**Cálculos de diseños realizados con el programa RELUX de los niveles de iluminación Planta I edificio R.L.P.**

Area o Ambiente	Cant. De Luminarias	Descripcion de Luminaria	Potencia (Watts)	Nivel de Iluminación de Diseño	Tipo de Lamparas
<b>Ala "A"</b>					
AII-I	9	Lum 3*32W	864.00	544.00	Fluorescentes
AII-II	9	Lum 3*32W	864.00	544.00	Fluorescentes
AII-III	9	Lum 3*32W	864.00	544.00	Fluorescentes
AII-IV	9	Lum 3*32W	864.00	544.00	Fluorescentes
AII-V	9	Lum 3*32W	864.00	544.00	Fluorescentes
AII-VI	9	Lum 3*32W	864.00	544.00	Fluorescentes
Salon de Uso Multiple	11	Lum 3*32W	1,056.00	537.00	Fluorescentes
Oficina de Medios Audiovisuales	3	Lum 2*32W	192.00	425.00	Fluorescentes
Oficina de Disciplina	3	Lum 2*32W	192.00	418.00	Fluorescentes
Baños de Damas	5	3 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	296.00	450.00	Fluorescentes
Baños de Varones	4	2 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	232.00	461.00	Fluorescentes
Pasillo alrdeor de las escaleras centrales	18	Ojos de Buey de 2*26W.	936.00	78.00	Fluorescentes
Escaleras Suroeste Subiendo al Tercer Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	250.00	Fluorescentes
Escaleras Sureste Subiendo al Tercer Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	250.00	Fluorescentes
Pasillo	22	Ojos de Buey 2*26 W	1,144.00	128.00	Fluorescentes
<b>Ala "B"</b>					
BII-I	9	Lum 3*32W	864.00	544.00	Fluorescentes
BII-II	9	Lum 3*32W	864.00	544.00	Fluorescentes
BII-III	9	Lum 3*32W	864.00	544.00	Fluorescentes
BII-IV	9	Lum 3*32W	864.00	544.00	Fluorescentes
BII-V	9	Lum 3*32W	864.00	544.00	Fluorescentes
BII-VI	9	Lum 3*32W	864.00	544.00	Fluorescentes
Salon de Uso Multiple	11	Lum 3*32W	1,056.00	537.00	Fluorescentes
Oficina de Medios Audiovisuales	3	Lum 2*32W	192.00	425.00	Fluorescentes
Oficina de Disciplina	3	Lum 2*32W	192.00	418.00	Fluorescentes
Baños de Damas	5	3 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	296.00	450.00	Fluorescentes
Baños de Varones	4	2 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	232.00	461.00	Fluorescentes
Pasillo B	22	Ojos de Buey 2*26 W	1,144.00	128.00	Fluorescentes
Escaleras Noreste Subiendo al Tercer Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	250.00	Fluorescentes
Escaleras Noroeste Subiendo al Tercer Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	250.00	Fluorescentes
		<b>Total de Watts</b>	<b>18,872.00</b>		

**Cálculos de diseños realizados con el programa RELUX de los niveles de iluminación Planta II edificio R.L.P.**

Area o Ambiente	Cant. De Luminarias	Descripción de Luminaria	Potencia (Watts)	Nivel de Iluminación de Diseño	Tipo de Lámparas
<b>Ala "A"</b>					
AIII-I	9	Lum 3*32W	864.00	553.00	Fluorescentes
AIII-II	9	Lum 3*32W	864.00	553.00	Fluorescentes
AIII-III	9	Lum 3*32W	864.00	553.00	Fluorescentes
AIII-IV	9	Lum 3*32W	864.00	553.00	Fluorescentes
AIII-V	9	Lum 3*32W	864.00	553.00	Fluorescentes
AIII-VI	9	Lum 3*32W	864.00	553.00	Fluorescentes
Salon de Uso Multiple	13	Lum 3*32W	1,248.00	748.00	Fluorescentes
Oficina de Medios audiovisuales	3	Lum 2*32W	192.00	431.00	Fluorescentes
Oficina de Disciplina	3	Lum 2*32W	192.00	478.00	Fluorescentes
Baños de Damas	5	3 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	296.00	450.00	Fluorescentes
Baños de Varones	4	2 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	232.00	461.00	Fluorescentes
Pasillo Alrededor de las Escaleras Centrales	18	Ojos de Buey de 2*26W.	936.00	78.00	Fluorescentes
Escaleras Suroeste subiendo al Cuarto Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	250.00	Fluorescentes
Escaleras Sureste subiendo al Cuarto Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	250.00	Fluorescentes
Pasillo A	22	Ojos de Buey 2*26 W	1,144.00	81.00	Fluorescentes
<b>Ala "B"</b>					
BIII-I	9	Lum 3*32W	864.00	553.00	Fluorescentes
BIII-II	9	Lum 3*32W	864.00	553.00	Fluorescentes
BIII-III	9	Lum 3*32W	864.00	553.00	Fluorescentes
BIII-IV	9	Lum 3*32W	864.00	553.00	Fluorescentes
BIII-V	9	Lum 3*32W	864.00	553.00	Fluorescentes
BIII-VI	9	Lum 3*32W	864.00	553.00	Fluorescentes
Salon de Uso Multiple	13	Lum 3*32W	1,248.00	748.00	Fluorescentes
Oficina de Medios Audiovisuales	3	Lum 2*32W	192.00	431.00	Fluorescentes
Oficina de Disciplina	3	Lum 2*32W	192.00	478.00	Fluorescentes
Baños de Damas	5	3 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	296.00	450.00	Fluorescentes
Baños de Varones	4	2 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	232.00	461.00	Fluorescentes
Escaleras Noreste subiendo al Cuarto Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	250.00	Fluorescentes
Escaleras Noroeste subiendo al Cuarto Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	250.00	Fluorescentes
Pasillo B	22	Ojos de Buey 2*26 W	1,144.00	81.00	Fluorescentes
<b>Total de Watts</b>			<b>19,256.00</b>		

**Cálculos de diseños realizados con el programa RELUX de los niveles de iluminación Planta III edificio R.L.P.**

Area o Ambiente	Cant. De Luminarias	Descripcion de Luminaria	Potencia (Watts)	Nivel de Iluminación de Diseño	Tipo de Lámparas
<b>Ala "A"</b>					
AIV-I	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Fluorescentes
AIV-II	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Fluorescentes
AIV-III	9	Lum 3*32W	864.00	527.00	Fluorescentes
AIV-IV	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Fluorescentes
AIV-V	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Fluorescentes
AIV-VI	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Fluorescentes
Salon de Uso Multiple	13	Lum 3*32W	1,248.00	751.00	Fluorescentes
Oficina de Medios Audiovisuales	3	Lum 2*32W	192.00	431.00	Fluorescentes
Oficina de Disciplina	3	Lum 2*32W	192.00	478.00	Fluorescentes
Baños de Damas	5	3 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	296.00	450.00	Fluorescentes
Baños de Varones	4	2 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	232.00	410.00	Fluorescentes
Pasillo alrededor de las escaleras centrales	18	Ojos de Buey de 2*26W.	936.00	78.00	Fluorescentes
Escaleras Suroeste subiendo al quinto Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	250.00	Fluorescentes
Escaleras Sureste subiendo al quinto Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	250.00	Fluorescentes
Pasillo A	22	Ojos de Buey 2*26 W	1,144.00	81.00	Fluorescentes
<b>Ala "B"</b>					
BIV-I	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Led
BIV-II	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Led
BIV-III	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Led
BIV-IV	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Led
BIV-V	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Led
BIV-VI	9	Lum 3*32W	864.00	547.00	Led
Salon de Uso Multiple	13	Lum 3*32W	1,248.00	751.00	Fluorescentes
Oficina de Medios Audiovisuales	3	Lum 2*32W	192.00	431.00	Fluorescentes
Oficina de Disciplina	3	Lum 2*32W	192.00	478.00	Fluorescentes
Baños de Damas	5	3 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	296.00	450.00	Fluorescentes
Baños de Varones	4	2 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	232.00	461.00	Fluorescentes
Escaleras Noreste Subiendo al Quinto Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	250.00	Fluorescentes
Escaleras Noroeste Subiendo al Quinto Piso	6	2 Lum 2*32W, 4 Ojos de Buey 2*26W	336.00	250.00	Fluorescentes
Pasillo B	22	Ojos de Buey 2*26 W	1,144.00	81.00	Fluorescentes
<b>Total de Watts</b>			<b>18,488.00</b>		

**Cálculos de diseños realizados con el programa RELUX de los niveles de iluminación Planta IV edificio R.L.P.**

Area o Ambiente	Cant. De Luminarias	Descripcion de Luminaria	Potencia (Watts)	Nivel de Iluminación de Diseño	Tipo de Lámparas
<b>Ala "A"</b>					
AV-I	9	Lum 3*32W	864.00	542.00	Fluorescentes
AV-II	9	Lum 3*32W	864.00	542.00	Fluorescentes
AV-III	9	Lum 3*32W	864.00	542.00	Fluorescentes
AV-IV	9	Lum 3*32W	864.00	542.00	Fluorescentes
AV-V	9	Lum 3*32W	864.00	542.00	Fluorescentes
AV-VI	9	Lum 3*32W	864.00	542.00	Fluorescentes
Salon de uso Múltiple	19	6 Lum de 3*32W, 13 Ojos de Buey 2*26W	1,252.00	565.00	Fluorescentes
Oficina de Medios Audiovisuales	3	Lum 2*32W	192.00	431.00	Fluorescentes
Oficina de Disciplina	3	Lum 2*32W	192.00	478.00	Fluorescentes
Baños de Damas	5	3 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	296.00	450.00	Fluorescentes
Baños de Varones	4	2 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	232.00	461.00	Fluorescentes
Pasillo alrededor de las escaleras centrales	18	Ojos de Buey de 2*26W.	936.00	78.00	Fluorescentes
Pasillo A	22	Ojos de Buey 2*26 W	1,144.00	81.00	Fluorescentes
<b>Ala "B"</b>					
BV-I	9	Lum 3*32W	864	542.00	Fluorescentes
BV-II	9	Lum 3*32W	864	542.00	Fluorescentes
BV-III	9	Lum 3*32W	864	542.00	Fluorescentes
BV-IV	9	Lum 3*32W	864	542.00	Fluorescentes
BV-V	9	Lum 3*32W	864	542.00	Fluorescentes
BV-VI	9	Lum 3*32W	864	542.00	Fluorescentes
Salon de Uso Múltiple	19	6 Lum de 3*32W, 13 Ojos de Buey 2*26W	1252	565.00	Fluorescentes
Oficina de Medios Audiovisuales	3	Lum 2*32W	192	431.00	Fluorescentes
Oficina de Disciplina	3	Lum 2*32W	192	478.00	Fluorescentes
Baños de Damas	5	3 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	296	450.00	Fluorescentes
Baños de Varones	4	2 Lum 2*32W, 2 Ojos de Buey 2*26W	232	461.00	Fluorescentes
Pasillo B	22	Ojos de Buey 2*26 W	1144	78.00	Fluorescentes
<b>Total de Watts</b>			<b>17,152.00</b>		

**Cálculos de diseños realizados con el programa RELUX de los niveles de iluminación Planta V edificio R.L.P.**

Tablas comparativas de niveles de iluminación en los diferentes ambientes del edificio:

Area o Ambiente	Nivel de Iluminación de Diseño Calculados RELUX	Nivel de Iluminacion reales o Medidos	Nivel de Ilum según Normas Mexicana
<b>Ala "A"</b>			
AI-I	547.00	433.50	400.00
AI-II	547.00	431.33	400.00
AI-III	547.00	397.17	400.00
AI-IV	547.00	467.83	400.00
AI-V	547.00	431.67	400.00
AI-VI	547.00	404.50	400.00
Salon de Uso Multiple	536.00	368.33	400.00
Oficina de medios Audiovisuales	356.00	203.00	600.00
Oficina de Disciplina	563.00	228.75	600.00
Baños de Damas	450.00	289.20	100.00
Baños de Varones	461.00	266.20	100.00
Pasillo Alrededor de las Escaleras Centrales.	80.00	64.50	100.00
Pasillo A	130.00	69.92	100.00
Escaleras Sureste Subiendo al Segundo Piso	250.00	149.67	100.00
Escaleras Suroeste Subiendo al Segundo Piso	250.00	150.50	100.00
<b>Ala "B"</b>			
BI-I	547.00	467.00	400.00
BI-II	547.00	473.83	400.00
BI-III	547.00	489.50	400.00
BI-IV	547.00	443.33	400.00
BI-V	547.00	502.17	400.00
BI-VI	547.00	394.00	400.00
Salon de Uso multiple	536.00	372.50	400.00
Oficina de Medios Audiovisuales	356.00	201.75	600.00
Oficina de Disciplina	563.00	228.75	600.00
Baños de Damas	450.00	259.00	100.00
Baños de Varones	461.00	252.20	100.00
Pasillo B	130.00	64.50	100.00
Escaleras noreste Subiendo al Segundo Piso	250.00	150.50	100.00
Escaleras noroeste Subiendo al Segundo Piso	250.00	147.00	100.00

**Comparaciones de los niveles de iluminación planta I Edificio R.L.P.**



Area o Ambiente	Nivel de Iluminación de Diseño Calculados RELUX	Nivel de Iluminacion reales o Medidos	Nivel de Ilum según Normas Mexicana
<b>Ala "A"</b>			
AII-I	544.00	296.00	400.00
AII-II	544.00	341.33	400.00
AII-III	544.00	330.00	400.00
AII-IV	544.00	456.83	400.00
AII-V	544.00	332.17	400.00
AII-VI	544.00	327.33	400.00
Salon de Uso Multiple	537.00	372.67	400.00
Oficina de Medios Audiovisuales	425.00	205.50	600.00
Oficina de Disciplina	418.00	230.00	600.00
Baños de Damas	450.00	289.00	100.00
Baños de Varones	461.00	252.40	100.00
Pasillo alrdeor de las escaleras centrales	78.00	67.14	100.00
Escaleras Suroeste Subiendo al Tercer Piso	250.00	149.50	100.00
Escaleras Sureste Subiendo al Tercer Piso	250.00	148.67	100.00
Pasillo	128.00	72.21	100.00
<b>Ala "B"</b>			
BII-I	544.00	293.00	400.00
BII-II	544.00	405.33	400.00
BII-III	544.00	324.67	400.00
BII-IV	544.00	329.33	400.00
BII-V	544.00	342.67	400.00
BII-VI	544.00	339.33	400.00
Salon de Uso Multiple	537.00	369.50	400.00
Oficina de Medios Audiovisuales	425.00	208.75	600.00
Oficina de Disciplina	418.00	229.50	600.00
Baños de Damas	450.00	266.80	100.00
Baños de Varones	461.00	244.80	100.00
Pasillo B	128.00	75.79	100.00
Escaleras Noreste Subiendo al Tercer Piso	250.00	150.17	100.00
Escaleras Noroeste Subiendo al Tercer Piso	250.00	159.67	100.00

**Comparaciones de los niveles de iluminación planta II Edificio R.L.P.**

Area o Ambiente	Nivel de Iluminación de Diseño Calculados RELUX	Nivel de Iluminacion reales o Medidos	Nivel de Ilum según Normas Mexicana
<b>Ala "A"</b>			
AIII-I	553.00	295.50	400.00
AIII-II	553.00	360.83	400.00
AIII-III	553.00	346.50	400.00
AIII-IV	553.00	342.17	400.00
AIII-V	553.00	302.00	400.00
AIII-VI	553.00	319.17	400.00
Salon de Uso Multiple	748.00	443.17	400.00
Oficina de Medios audiovisuales	431.00	208.75	600.00
Oficina de Disciplina	478.00	231.50	600.00
Baños de Damas	450.00	276.20	100.00
Baños de Varones	461.00	245.40	100.00
Pasillo Alrededor de las Escaleras Centrales	78.00	66.07	100.00
Escaleras Suroeste subiendo al Cuarto Piso	250.00	358.67	100.00
Escaleras Sureste subiendo al Cuarto Piso	250.00	154.17	100.00
Pasillo A	81.00	72.21	100.00
<b>Ala "B"</b>			
BIII-I	553.00	416.33	400.00
BIII-II	553.00	332.83	400.00
BIII-III	553.00	319.00	400.00
BIII-IV	553.00	355.33	400.00
BIII-V	553.00	402.33	400.00
BIII-VI	553.00	388.33	400.00
Salon de Uso Multiple	748.00	468.67	400.00
Oficina de Medios Audiovisuales	431.00	205.75	600.00
Oficina de Disciplina	478.00	228.50	600.00
Baños de Damas	450.00	262.80	100.00
Baños de Varones	461.00	234.40	100.00
Escaleras Noreste subiendo al Cuarto Piso	250.00	152.33	100.00
Escaleras Noroeste subiendo al Cuarto Piso	250.00	159.33	100.00
Pasillo B	81.00	72.21	100.00

**Comparaciones de los niveles de iluminación planta III Edificio R.L.P.**

Area o Ambiente	Nivel de Iluminación de Diseño Calculados RELUX	Nivel de Iluminacion reales o Medidos	Nivel de Ilum según Normas Mexicana
<b>Ala "A"</b>			
AIV-I	547.00	450.50	400.00
AIV-II	547.00	444.83	400.00
AIV-III	527.00	432.17	400.00
AIV-IV	547.00	407.83	400.00
AIV-V	547.00	329.00	400.00
AIV-VI	547.00	362.50	400.00
Salon de Uso Multiple	751.00	438.67	400.00
Oficina de Medios audiovisuales	431.00	201.75	600.00
Oficina de Disciplina	478.00	221.50	600.00
Baños de Damas	450.00	220.83	100.00
Baños de Varones	410.00	159.17	100.00
Pasillo alrededor de las escaleras centrales	78.00	66.86	100.00
Escaleras Suroeste subiendo al quinto Piso	250.00	153.67	100.00
Escaleras Sureste subiendo al quinto Piso	250.00	151.67	100.00
Pasillo A	81.00	73.29	100.00
<b>Ala "B"</b>			
BIV-I	547.00	414.17	400.00
BIV-II	547.00	427.33	400.00
BIV-III	547.00	423.17	400.00
BIV-IV	547.00	418.67	400.00
BIV-V	547.00	420.67	400.00
BIV-VI	547.00	417.50	400.00
Salon de Uso Multiple	751.00	477.17	400.00
Oficina de Medios audiovisuales	431.00	211.30	600.00
Oficina de Disciplina	478.00	215.15	600.00
Baños de Damas	450.00	273.80	100.00
Baños de Varones	461.00	201.00	100.00
Escaleras Noreste Subiendo al Quinto Piso	250.00	152.67	100.00
Escaleras Noroeste Subiendo al Quinto Piso	250.00	158.00	100.00
Pasillo B	81.00	73.14	100.00

**Comparaciones de los niveles de iluminación planta IV Edificio R.L.P.**

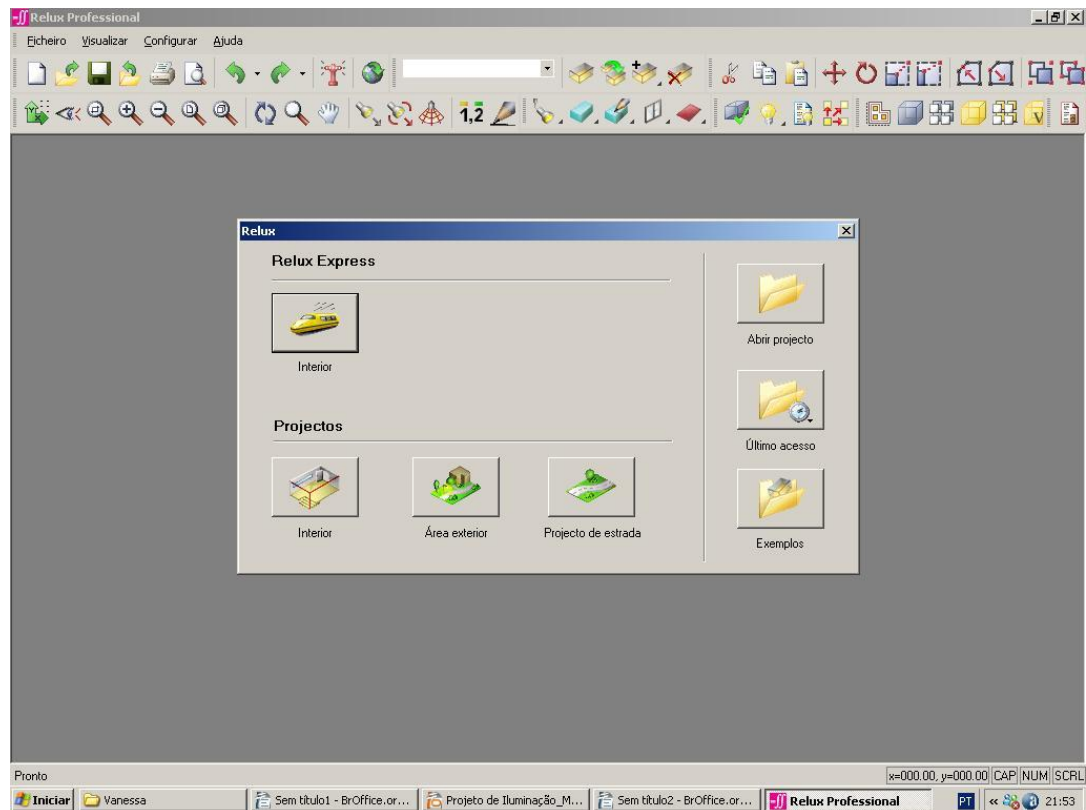
Area o Ambiente	Nivel de Iluminación de Diseño Calculados RELUX	Nivel de Iluminacion reales o Medidos	Nivel de Ilum según Normas Mexicana
<b>Ala "A"</b>			
AV-I	542.00	449.00	400.00
AV-II	542.00	437.83	400.00
AV-III	542.00	404.50	400.00
AV-IV	542.00	442.00	400.00
AV-V	542.00	422.50	400.00
AV-VI	542.00	413.33	400.00
Salon de uso Múltiple	565.00	351.63	400.00
Oficina de Medios audiovisuales	431.00	278.00	600.00
Oficina de Disciplina	478.00	350.00	600.00
Baños de Damas	450.00	273.20	100.00
Baños de Varones	461.00	192.40	100.00
Pasillo alrededor de las escaleras centrales	78.00	64.79	100.00
Pasillo A	81.00	73.93	100.00
<b>Ala "B"</b>			
BV-I	542.00	447.83	400.00
BV-II	542.00	437.17	400.00
BV-III	542.00	405.67	400.00
BV-IV	542.00	440.00	400.00
BV-V	542.00	421.33	400.00
BV-VI	542.00	409.67	400.00
Salon de Uso Múltiple	565.00	348.00	400.00
Oficina de Medios audiovisuales	431.00	274.00	600.00
Oficina de Disciplina	478.00	354.00	600.00
Baños de Damas	450.00	276.20	100.00
Baños de Varones	461.00	179.60	100.00
Pasillo B	78.00	75.00	100.00

**Comparaciones de los niveles de iluminación planta V Edificio R.L.P.**

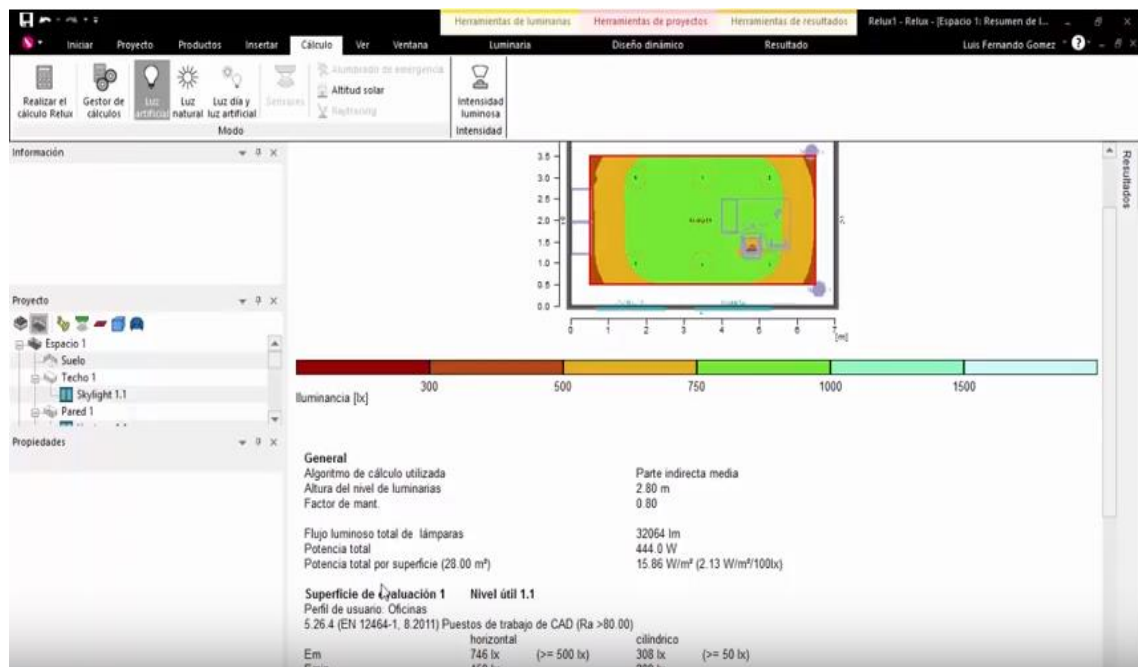
**Tabla de Sección Transversal de conductores**

CALIBRE AWG o MCM	SECCIÓN		DIÁMETRO	
	CIRCULAR MIL	Mm2	PULGADAS	MILIMETROS
20	1 022	0.518	0.032	0.812
18	1 824	0.823	0.040	1.024
16	2 583	1.309	0.051	1.291
14	4 107	2.080	0.064	1.628
12	6 530	3.310	0.081	2.053
10	10 380	5.260	0.102	2.588
8	16 510	8.370	0.129	3.264
6	26 250	13.300	0.162	4.115
4	41 740	21.150	0.204	5.189
2	66 370	33.630	0.258	6.543
1/0	105 400	53.480	0.325	8.252
2/0	133 100	67.420	0.365	9.266
3/0	167 800	85.030	0.410	10.403
4/0	211 600	107.230	0.460	11.684
250	250 000	126.640	0.575	14.605
300	300 000	152.000	0.630	16.000
350	350 000	177.350	0.681	17.300
400	400 000	202.710	0.728	18.490
500	500 000	253.350	0.814	20.680
600	600 000	304.000	0.893	22.680
700	700 000	354.710	0.964	24.690
750	750 000	379.840	0.998	25.350
800	800 000	405.160	1.031	26.190
900	900 000	455.810	1.093	27.760
1000	1 000 000	506.450	1.152	29.260
1250	1 250 000	633.060	1.289	32.740
1500	1 500 000	759.680	1.412	35.870
1750	1 750 000	886.290	1.526	38.760
2000	2 000 000	1 012.900	1.631	41.420

# Imágenes usando el software RELUX



Página de Inicio del programa RELUX



## Resultados de los niveles de iluminación promedio a través del programa simulador RELUX

### Cotizaciones



FECHA 28/11/2018  
VIGENCIA 28/11/2018

CONDUCTORES MONTERREY S.A. DE C.V.  
Ave. Conductores 505  
San Nicolás de los Garza, N.L.  
66403 México  
[www.viakon.com](http://www.viakon.com)

Para: Proyecto  
Atención: Sr. Jose Victor

#### Descripción General:

Producto	Color	Calibre (awg)	Cantidad solicitada (m)	Contenido Metal (Kg./Km)	Precio CIP MGA (USD/Km)	Total Und	T. de Entrega en Planta (Días)
Cable tipo THHN	Blanco	12	300.00	30.00	250.81	75.24	15
Cable tipo THHN	Negro	12	300.00	30.00	250.81	75.24	15
Cable tipo THHN	Verde	12	300.00	30.00	250.81	75.24	15
			<b>900.00</b>			<b>225.73</b>	
Cable tipo THHN	Blanco	10	300.00	47.70	392.80	117.84	15
Cable tipo THHN	Negro	10	300.00	47.70	392.80	117.84	15
Cable tipo THHN	Verde	10	300.00	47.70	392.80	117.84	15
			<b>900.00</b>			<b>353.52</b>	
Cable tipo THHN	Blanco	8	200.00	120.60	979.47	195.89	15
Cable tipo THHN	Negro	8	200.00	120.60	979.47	195.89	15
Cable tipo THHN	Rojo	8	200.00	120.60	979.47	195.89	15
Cable tipo THHN	Verde	8	200.00	120.60	979.47	195.89	15
			<b>800.00</b>			<b>783.57</b>	
Cable tipo THHN	Blanco	4	300.00	181.80	1,578.74	473.62	15
Cable tipo THHN	Negro	4	300.00	181.80	1,578.74	473.62	15
Cable tipo THHN	Rojo	4	300.00	181.80	1,578.74	473.62	15
Cable tipo THHN	Verde	4	300.00	181.80	1,578.74	473.62	15
			<b>1,200.00</b>			<b>1,894.48</b>	
Cable tipo THHN	Azul	2	200.00	304.90	2,411.94	482.39	15
Cable tipo THHN	Blanco	2	200.00	304.90	2,411.94	482.39	15
Cable tipo THHN	Negro	2	200.00	304.90	2,411.94	482.39	15
Cable tipo THHN	Rojo	2	200.00	304.90	2,411.94	482.39	15
Cable tipo THHN	Verde	2	200.00	304.90	2,411.94	482.39	15
			<b>1,000.00</b>			<b>2,411.94</b>	
Cable tipo THHN	Negro	1/0	1,000.00	485.20	3,890.84	3,890.84	15
Cable tipo THHN	Negro	2/0	1,000.00	611.50	4,868.10	4,868.10	15
Cable tipo THHN	Negro	4/0	1,000.00	972.25	7,580.43	7,580.43	15
						<b>16,329.36</b>	
						<b>21,998.61</b>	

TOTAL CIP MGA

## Costos por KM del conductor 1/0 THHN AWG



**CLIENTE:** Proyecto  
**CONTACTO:** Hellen Arana  
**COTIZACION:** AC7818912  
**DIRECCION:** Managua  
**DESCRIPCION:** Sistema solar Auto consumo 12 kw pico

**FECHA:** 25/11/2018  
**TELEFONO:** 22557900  
**CORREO:** [elara@sinter.com.ni](mailto:elara@sinter.com.ni)

CANTIDAD	DESCRIPCION DEL PRODUCTO	PRECIO UNITARIO	MONTO TOTAL
36	Módulos Solares Trina Solar TSM 340 watts 48VDC	\$221.00	\$7,956.00
1	Inversor 5000W	\$1,989.96	\$1,989.96
1	Inversor 6000W	\$2,274.24	\$2,274.24
2	Soporte de Módulos solares y materiales Eléctricos	\$1500	\$3,000
1	Mano de obra por instalación	\$7200	\$7,200
16	Protecciones Eléctricas (portafusible, Interruptor Principal)	\$ 120	\$1,920
2	Transformador seco 15KVA 480/120/208V	\$625.00	\$1,250.00
1200	Conductores THHN 1/0 AWG	\$3.89	\$4,668.00
1	Obras civiles (Canalización, caja de registros, ropturas)	\$1,300.00	\$1,300.00
<b>Sub-Total</b>			<b>\$ 31,558.2</b>
<b>IVA 15%</b>			<b>\$ 4,733.73</b>
<b>Monto Total Cotizado</b>			<b>\$ 36,251.93</b>

### Condiciones Generales de Ventas:

Precios: Neto en \$ dolares  
 Descuentos: Incluidos  
 Período de Validez: 10 Dias  
 Forma de Pago: Prepago Aceptamos tarjeta de crédito, cheque certificados, y efectivo.  
 Entrega: Con previa confirmación  
 RUC ECAMI S.A. J0310000155011

**ECAMI S.A:** Departamento Comercial  
**Asesor Comercial** Julio Garcia Callejas

**Correo Vendedor:** [Julio.garcia@ecami.com.ni](mailto:Julio.garcia@ecami.com.ni)

**Telefono:** 2276 0925 - Ext: 110  
**Celular:** 87406514





**Costos del sistema fotovoltaico incluido la mano de obra para instalación.**



**Factura Proforma / Proform Invoice**

N° 201801-136

GLOBAL LIGHTING SOLUTIONS S.A.

Plaza Itskatzú, Local N°217 (frente al Hotel Courtyard), San José, Costa Rica

Cliente / Customer:	Jose Victor T	Fecha / Date	04/12/2018
Código de cliente / Customer code		Proyecto / Project	
Orden de compra / Purchase order		Entrega / Delivery	4 SEMANAS
Condiciones de pago / Payment terms	Crédito	Días crédito / Credit days	45 días
Vigencia de la oferta / Valid to	19/12/2018	Termino de venta / Incoterm	EXW San José
Observaciones / Comments			

Código GLS	ORIGEN	Cantidad	Descripción	Unds x Caja	Costo Und	Costo Total
63970338A	COSTA RICA	123	Luminaria ECO 4T 18 Watts, white con su difusor cuadrulado.	1	\$ 75.00	9,225.00
232118640	COSTA RICA	16	Tubo led 18 Watts 2600-2800 Lm, 6500K.	25	\$ 3.30	1,320.00
232118638	COSTA RICA	16	Bombilla PL led 9 Watts.	12	\$ 2.80	537.60
63970337B	COSTA RICA	15	Luminaria ECO 2T 18 Watts, white con su difusor cuadrulado.	1	\$ 33.53	502.95

Cantidad total:	Cubicaje total / Total Volume	Subtotal	11,585.55
		Seguros / Insurance	-
		Transporte / Freight	-
		Otros gastos / Others costs	-
		INCOTERM	-
		Impuestos / Duty	-
		Descuento / Discount	-
		<b>Total</b>	<b>\$ 11,585.55</b>

Rafael Peralta  
Representante Ventas Nicaragua  
E-mail: rperalta@gls-ca.com  
Cel: +505-8884-4642  
Tel: +506-2434-1212

Aceptado



**Costos de luminarias y lámparas para cambios de tecnología del sistema de iluminación.**

## Fichas técnicas

### Módulo fotovoltaico de 340W

www.jinkosolar.com

**Eagle Mono 72**  
**320-340 Watt**  
MONO CRYSTALLINE MODULE

Positive power tolerance of 0~+3%

ISO9001:2008-ISO14001:2004-OHSAS18001  
certified factory.  
IEC61215-IEC61730 certified products.

  
(4BB)



**Jinko Solar**  
Raising Your Trust in Solar



#### KEY FEATURES



##### 4 Busbar Solar Cells

4 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.



##### PID RESISTANT:

Limited power degradation of Eagle module caused by PID effect is guaranteed under strict testing condition (85°C/85%RH, 96hours) for mass production.



##### Low-light Performance:

Advanced glass and solar cell surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.



##### Severe Weather Resilience:

Certified to withstand wind load (2400 Pascals) and snow load (5400 Pascals).



##### Durability against extreme environmental conditions:

High salt mist and ammonia resistance certified by TÜV NORD.


#### LINEAR PERFORMANCE WARRANTY




10 Year Product Warranty • 25 Year Linear Power Warranty

## Datos técnicos de panel fotovoltaico 340W

### SPECIFICATIONS

Module Type	JKM320M-72		JKM325M-72		JKM330M-72		JKM335M-72		JKM340M-72	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	320Wp	238Wp	325Wp	242Wp	330Wp	246Wp	335Wp	250Wp	340Wp	254Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	37.8V	35.9V	38.0V	36.3V	38.2V	36.4V	38.4V	36.6V	38.7V	36.8V
Maximum Power Current (Imp)	8.47A	6.62A	8.55A	6.67A	8.64A	6.75A	8.72A	6.82A	8.79A	6.89A
Open-circuit Voltage (Voc)	46.3V	44.1V	46.5V	44.5V	46.7V	44.8V	46.9V	45.2V	47.1V	45.5V
Short-circuit Current (Isc)	8.95A	7.15A	9.03A	7.19A	9.11A	7.24A	9.18A	7.29A	9.24A	7.33A
Module Efficiency STC (%)	16.49%		16.75%		17.01%		17.26%		17.52%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	15A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.40%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.29%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.05%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

\*STC:  Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>  Cell Temperature 25°C  AM=1.5

NOCT:  Irradiance 800W/m<sup>2</sup>  Ambient Temperature 20°C  AM=1.5  Wind Speed 1m/s

## Inversor de 5KW

### SOLAR INVERTERS

## ABB string inverters

UNO-DM-3.3/3.8/4.6/5.0-TL-PLUS-US

3.3 to 5 kW



01

01 UNO-DM-3.3/3.8/4.6/5.0-TL-PLUS-US outdoor string inverter

### One size fits all

The new design wraps ABB's quality and engineering into a lightweight and compact package thanks to technological choices optimized for installations with different orientation.

All power ratings share the same overall volume, allowing higher performance in a minimum space, and have a dual Maximum Power Point Tracker (2 MPPT).

### Easy to install, fast to commission

The presence of Plug and Play connectors, both on the DC and AC side, as well as the wireless communication, enable a simple, fast and safe installation without the need of opening the front cover of the inverter.

The featured easy commissioning routine removes the need for a long configuration process, resulting in lower installation time and costs.

Improved user experience thanks to a built-in User Interface (UI), which enables access to features such as advanced inverter configuration settings, dynamic feed-in control and load manager, from any WLAN enabled devices (smartphone, tablet or PC).

### Smart capabilities

The embedded logging capabilities and direct transferring of the data to internet (via Ethernet or WLAN) allow customers to enjoy the whole Aurora

The new UNO-DM-PLUS single-phase inverter family, with power ratings from 3.3 to 5.0 kW, is the optimal solution for residential installations.

Vision® remote monitoring experience.

The advanced communication interfaces (WLAN, Ethernet, RS485) combined with an efficient Modbus (RTU/TCP) communication protocol, Sunspec compliant, allow the inverter to be easily integrated within any smart environment and with third party monitoring and control systems.

A complete set of control functions with the embedded efficient algorithm, enabling dynamic control of the feed-in (i.e. Zero Injection), make the inverter suitable for worldwide applications in compliance with regulatory norms and needs of the utilities.

The future-proof and flexible design enables integration with current and future devices for smart building automation.

### Highlights

- Wireless access to the embedded Web User Interface
- Easy commissioning capability
- UL 1741 SA compliant
- Future-proof with embedded connectivity for smart building and smart grid integration
- Dynamic feed-in control (for instance "zero injection")
- Remote Over The Air (OTA) firmware upgrade for inverter and components
- Modbus TCP/RTU Sunspec compliant
- Remote monitoring via Aurora Vision® cloud
- Dual input section with independent MPPT
- Integrated rapid shutdown power supplier

Especificaciones técnicas de inversor sistema fotovoltaico sotano "Ala B"

## Datos técnicos del Inversor 5KW

### Technical data and types

Type code	UNO-DM-3.3-TL-PLUS-US		UNO-DM-3.8-TL-PLUS-US		UNO-DM-4.6-TL-PLUS-US		UNO-DM-5.0-TL-PLUS-US	
General specifications								
Rated grid AC voltage ( $V_{MPP}$ )	208 V	240 V	208 V	240 V	208 V	240 V	208 V	240 V
Nameplate Apparent Power ( $S_{max}$ )	3300 VA	3300 VA	4200 VA	4200 VA	4600 VA	4600 VA	5000 VA	5000 VA
Nameplate Output Active Power ( $P_{max}$ @ $\cos\phi=1$ )	3300 W	3300 W	4200 W	4200 W	4600 W	4600 W	5000 W	5000 W
PRATED: Output Active Power @VACr and $\cos\phi=+0.9$	2700 W	3000 W	3000 W	3450 W	3780 W	4140 W	4118 W	4500 W
Input side (DC)								
Number of Independent MPPT channels	2		2		2		2	
Maximum usable power for each channel	2000 W		3000 W		3000 W		3500 W	
Absolute maximum voltage ( $V_{max}$ )	600 V		600 V		600 V		600 V	
Start-up voltage ( $V_{start}$ )	200 V (Adj. 120-350)		200 V (Adj. 120-350)		200 V (Adj. 120-350)		200 V (Adj. 120-350)	
Full power MPPT voltage range with parallel MPPT configuration at $P_{MPP}$	160-530 V	170-530 V	120-530 V	140-530 V	140-530 V	150-530 V	130-530 V	145-530 V
Operating MPPT voltage range	0.7*Vstart - 580 V ( $\geq 90$ )		0.7*Vstart - 580 V ( $\geq 90$ )		0.7*Vstart - 580 V ( $\geq 90$ )		0.7*Vstart - 580 V ( $\geq 90$ )	
Maximum usable current per channel	10 A		16 A		16 A		19 A	
Maximum current ( $I_{limmax}$ )	20 A		32 A		32 A		38 A	
Maximum short circuit current per channel	12,5 A		25 A		25 A		25 A	
Number of wire landing terminals	2 pairs, capable of connecting two parallel strings							
Array wiring termination	Terminal block, pressure clamp, AWG20-8							
Output side (AC)								
Grid connection type	1 $\phi$ /2W	Split- $\phi$ /3W	1 $\phi$ /2W	Split- $\phi$ /3W	1 $\phi$ /2W	Split- $\phi$ /3W	1 $\phi$ /2W	Split- $\phi$ /3W
Adjustable voltage range ( $V_{min}$ - $V_{max}$ )	183-228 V	211-264 V	183-228 V	211-264 V	183-228 V	211-264 V	183-228 V	211-264 V
Grid frequency	60 Hz		60 Hz		60 Hz		60 Hz	
Adjustable grid frequency range	50-64 Hz		50-64 Hz		50-64 Hz		50-64 Hz	
Maximum current ( $I_{ACmax}$ )	14,5 A		16 A		20 A		22 A	
Power factor	>0.995, adj. +/-0.8		>0.995, adj. +/-0.8		>0.995, adj. +/-0.8		>0.995, adj. +/-0.8	
Total harmonic distortion at rated power	<2%		<2%		<2%		<2%	
Contributory fault current	16 A		19 A		22 A		24 A	
Grid wiring termination type	Terminal block, pressure clamp, AWG20-6							
Input protections								
Reverse polarity protection	Yes, from limited current source							
Over-voltage protection type	Varistor							
PV array ground fault detection	Pre start-up RISO and dynamic GFDI							
Output protections								
Anti-islanding protection	Meets UL1741 / IEEE1547 requirements							
Over-voltage protection type	Varistor, 2 (L1 - L2 / L1 - G)							
Maximum AC OCPD rating	20 A		20 A		25 A		30 A	
Efficiency								
Maximum efficiency	97%		97%		97%		97,4%	
CEC efficiency	96,5%	96,5%	96%	96,5%	96%	96,5%	96,5%	97%
Operating performance								
Stand-by consumption					<8 W <sub>MHS</sub>			
Nighttime consumption					<0.6 W <sub>MHS</sub>			
Auxiliary Output								
Isolated Auxiliary Power Supply <sup>1)</sup>					24 Vdc, 0.4 A max			

## Inversor de 6KW

SOLAR INVERTERS

### ABB string inverters

UNO-DM-6.0-TL-PLUS-US

6 kW



01

The new UNO-DM-PLUS single-phase inverter is an upgrade of the proven UNO family and is an optimal solution for residential installations.

—  
01  
UNO-DM-6.0-TL-PLUS-US  
outdoor string inverter

The new design wraps ABB's quality and engineering into a light weight and compact package thanks to technological choices optimized for installations with different orientation.

#### Easy and fast to install

The presence of Plug and Play connectors, both on the DC and AC side, as well as the wireless communication, enable a simple, fast and safe installation without the need of opening the front cover of the inverter.

#### Connectivity and smart building integration

- Embedded WLAN communication assures an advanced and cost effective solution for the control and monitoring of the plant, without the need of further components
- Integrated load manager for control of energy consumption
- The Integrated web server enables full access to all configuration and commissioning parameters from

any electronic device (laptop, tablet and smartphone)

- Native Modbus SunSpec allows integration in smart environments with third party systems
- Self-commissioning routine removes need for manual configuration process, resulting in lower installation time and costs

#### Highlights

- WLAN communication with integrated web server
- Future proof with embedded connectivity and smart building integration
- New design based on decades of industry experience and proven technology
- Native Modbus SunSpec protocol
- Remote firmware upgrade for inverter and components
- Dual input section with independent MPPT, allows optimal energy harvesting from two sub-arrays oriented in different directions

**Especificaciones técnicas de inversor sistema fotovoltaico sotano “Ala A”**



## Datos técnicos del Inversor de 6000W

### Technical data and types

Type code	UNO-DM-6.0-TL-PLUS-US	
General specifications		
Rated grid AC voltage ( $V_{MCC}$ )	208 V	240 V
Nameplate Apparent Power ( $S_{rated}$ )	6650 VA	6650 VA
Nameplate Output Active Power ( $P_{rated}$ @ $\cos\phi=1$ )	6000 W	6000 W
$P_{MPPVOC}$ : Output Active Power @ $V_{MPPVOC}$ and $\cos\phi=\pm 0.9$	6000 W	6000 W
Input side (DC)		
Number of Independent MPPT channels	2	2
Maximum usable power for each channel	4000 W	4000 W
Absolute maximum voltage ( $V_{max}$ )	600 V	600 V
Start-up voltage ( $V_{start}$ )	200 V (Adj. 120-350 V)	200 V (Adj. 120-350 V)
Full power MPPT voltage range with parallel MPPT configuration at $P_{rated}$	160-480 V	160-480 V
Operating MPPT voltage range	0.7* $V_{start}$ - 580 V ( $\geq 90$ )	0.7* $V_{start}$ - 580 V ( $\geq 90$ )
Maximum usable current per channel	20 A	20 A
Maximum current ( $I_{sc,max}$ )	40 A	40 A
Maximum short circuit current per channel	24 A	24 A
Output side (AC)		
Grid connection type	1 $\phi$ /2W	Split- $\phi$ /3W
Adjustable voltage range ( $V_{min}$ - $V_{max}$ )	183-228 V	211-264 V
Grid frequency	60 Hz	60 Hz
Adjustable grid frequency range	50-64 Hz	50-64 Hz
Maximum current ( $I_{ac,max}$ )	30 A	30 A
Power factor	>0.995, adj. +/-0.8	>0.995, adj. +/-0.8
Total harmonic distortion at rated power	<2 %	<2 %
Contributory fault current	40 Arms; 100 ms	40 Arms; 100 ms
Grid wiring termination type	Terminal block, pressure clamp, AWG20-6	Terminal block, pressure clamp, AWG20-6
Input protections		
Reverse polarity protection	Yes, from limited current source	Yes, from limited current source
Over-voltage protection type	Varistor	Varistor
PV array ground fault detection	Pre start-up RISO and dynamic GFDI	Pre start-up RISO and dynamic GFDI
Output protections		
Anti-islanding protection	Meets UL1741 / IEEE1547 requirements	Meets UL1741 / IEEE1547 requirements
Over-voltage protection type	Varistor, 2 (L1 - L2 / L1 - G)	Varistor, 2 (L1 - L2 / L1 - G)
Maximum AC OCPD rating	40 A	40 A
Efficiency		
Maximum efficiency	97.4 %	97.4 %
CEC efficiency	96.5 %	97 %
Operating performance		
Stand-by consumption	<8 W <sub>PHS</sub>	<8 W <sub>PHS</sub>
Nighttime consumption	<0.6 W <sub>PHS</sub>	<0.6 W <sub>PHS</sub>

### Especificaciones técnicas de inversor sistema fotovoltaico sotano “Ala A”

## Datos técnicos de Luminarias Existentes

**SYLVANIA**

### Fluorescentes T8

Tubo Fluorescente FO32 T8 - SUPER - NW  
P01425

DATOS ÓPTICOS	DATOS FÍSICOS	DATOS ELECTRICOS
IRC	COLOR	CONSUMO TOTAL DE POTENCIA (W)
85Ra	Blanco	32W
VIDA ÚTIL	CASQUILLO/BASE	VOLTAJE
20000h	G13	64V
CLASE DE ENERGIA	DIMENSIONES/DIAMETRO (mm)	EFICACIA
B	1213 x 26	87lm/W
FLUJO LUMINOSO (lm)	FORMA DEL BULBO	TEMPERATURA MAXIMA DE OPERACIÓN
2784lm	Tubular	25°
TEMPERATURA DE COLOR		CORRIENTE (A)
6500K		0.27

### DIMENSIONES



# Ficha Técnicas de Lámparas Led Propuestas

## TUBO LED T8



### Características

- Alta calidad luminica.
- Tensión Universal.
- Óptica integrada, el tubo no requiere accesorios adicionales para generar una distribución uniforme y adecuada de la luz.
- Fácil instalación.
- Driver integrado en la lámpara.
- Sustitución directa de lámparas fluorescentes T8 (17 W y 32W).





### Aplicaciones

- Iluminación general.
- Escuelas.
- Estacionamientos.
- Bodegas.
- Oficinas.



### Especificaciones


Código	Descripción Comercial	Potencia (W)	Flujo Luminoso (lm)	CCT (K)	Tensión (V)	Base	Vida Útil (h)
P24994-36	Tubo Led T8 9w 6500K Glass	9	800	6500	100-240	G 1/8	25000
P26594-36	Tubo Led T8 9w 3000K Glass	9	700	3000	100-240	G 1/8	25000
P24950-36	Tubo Led T8 18w 6500K Glass	18	1600	6500	100-240	G 1/8	25000
P26597-36	Tubo Led T8 18w 3000K Glass	18	1500	3000	100-240	G 1/8	25000
P26126-36	Tubo Led T8 18w 6500K PC	18	1800	6500	100-240	G 1/8	30000

## Ficha Tecnica de Bombilla PL led Propuestas



**BOMBILLA BAJO CONSUMO PL**

<b>35633</b>	380 LUMENS	<b>7W</b>	
<b>35629</b>	720 LUMENS	<b>9W</b>	

<small>EQUIVALENCIAS</small> <b>7W</b> <b>35W</b>	<b>13,7</b> <b>cm</b>	<small>EQUIVALENCIAS</small> <b>9W</b> <b>45W</b>	<b>16,6</b> <b>cm</b>	<b>10</b>	<small>PACKING</small> 
---	--------------------------	---	--------------------------	-----------	---



## PL-S 2 Pin

### PL-S 9W/840/2P 1CT/25

PL-S is an efficient low-wattage compact fluorescent lamp, typically used for decorative and orientation purposes. The original Philips-invented bridge technology guarantees optimum performance in the application, enabling more light and higher efficacy than the bended technology. The 2-pin version is designed for operation on electromagnetic gear and is provided with a plug-in/pull-out lamp base.

## Datos técnicos de Bombilla PL

### Product data

#### General Information

Cap-Base	G23 [ G23]
Life to 50% Failures (Nom)	8000 h

#### Light Technical

Color Code	840 [ CCT of 4000K]
Luminous Flux (Nom)	600 lm
Color Designation	Cool White (CW)
Lumen Maintenance 2000 h (Nom)	90 %
Lumen Maintenance 5000 h (Nom)	85 %
Correlated Color Temperature (Nom)	4000 K
Luminous Efficacy (rated) (Nom)	67 lm/W
Color Rendering Index (Nom)	82

#### Operating and Electrical

Power (Rated) (Nom)	8.6 W
Lamp Current (Nom)	0.170 A
Voltage (Nom)	60 V

#### Controls and Dimming

Dimmable	No
----------	----

## Recopilación de Imágenes



**Luminarias Down light en mal estado**



**Segunda planta ala "A"**



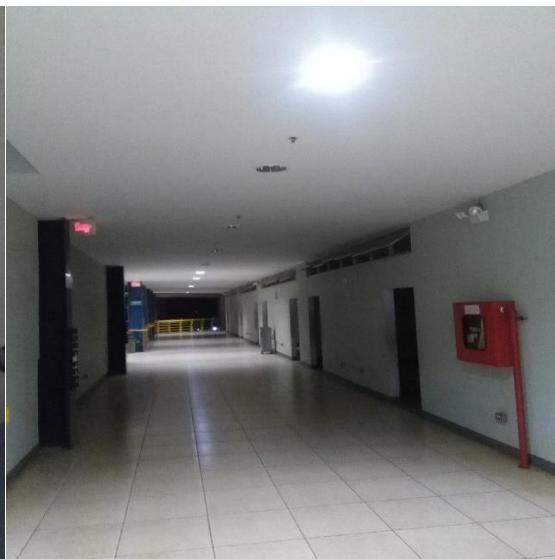
**Luminarias aulas de clases en mal estado**



**Luminarias de pasillos en mal estado.**



**Luminarias de baños mal ubicada**



**Luminarias de pasillos en mal estado.**



**Luminarias aulas de clases en mal estado**



**Luminarias de pasillos en mal estado.**